

**OPTIMASI FORMULA SUSU SAPI PASTEURISASI DENGAN
TAMBAHAN EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*),
EKSTRAK BUAH KURMA (*Phoenix dactylifera*) DAN
PENAMBAHAN CMC SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL
MENGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE *MIXTURE*
*D-OPTIMAL***

TUGAS AKHIR

**Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Dari Universitas Pasundan**

Oleh:

FADLAN MOHAMAD GIBRAN

22.302.0070



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK

OPTIMASI FORMULA SUSU SAPI PASTEURISASI DENGAN TAMBAHAN EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*), EKSTRAK BUAH KURMA (*Phoenix dactylifera*) DAN PENAMBAHAN CMC SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL MENGGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE *MIXTURE D-OPTIMAL*

Oleh :

Fadlan Mohamad Gibran

NPM : 22.302.0070

(Program Studi Teknologi Pangan)

Susu sapi pasteurisasi merupakan produk pangan yang kaya nilai gizi, namun memiliki umur simpan yang terbatas dan berpotensi mengalami penurunan mutu selama penyimpanan. Penambahan komponen fungsional diperlukan untuk meningkatkan nilai gizi serta memperluas manfaat kesehatan dari produk susu tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan formulasi optimal susu sapi pasteurisasi dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) sebagai sumber antioksidan dan protein nabati, ekstrak buah kurma (*Phoenix dactylifera*) sebagai pemanis alami sekaligus sumber senyawa fenolik, serta CMC sebagai bahan penstabil, sehingga dihasilkan minuman fungsional menggunakan metode *Design-Expert Mixture D-Optimal*. Variabel berubah dalam penelitian ini meliputi ekstrak daun kelor (3%–7%), ekstrak buah kurma (17%–22%), dan CMC (0%–1%). Respon yang dianalisis mencakup respon kimia (kadar gula total, kadar protein, kadar lemak, dan IC_{50}), respon fisik (*sludge volume*), respon mikrobiologi (*Total Plate Count*), serta respon organoleptik hedonik (aroma, rasa, warna, tekstur, dan *aftertaste*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Design-Expert* metode *Mixture D-Optimal* menghasilkan formulasi optimal dengan komposisi ekstrak daun kelor 6,08%, ekstrak buah kurma 18,92%, dan CMC 0%, serta nilai *desirability* sebesar 0,805. Hasil verifikasi formulasi optimal menunjukkan kadar gula total 27,87%, kadar protein 4,32%, kadar lemak 2,92%, IC_{50} 122,59 ppm, *sludge volume* 8,40%, dan *Total Plate Count* $5,23 \times 10^3$ koloni/mL. Pada respon organoleptik dengan skala hedonik 1–6, formulasi optimal memperoleh skor aroma 4,67; rasa 4,61; warna 4,57; tekstur 4,91; dan *aftertaste* 4,62. Seluruh nilai aktual hasil verifikasi tersebut masih dalam rentang *Prediction Interval* (PI) 95% yang dihasilkan oleh *software Design-Expert*.

Kata Kunci: Susu Sapi Pasteurisasi, Ekstrak Daun Kelor, Ekstrak Buah Kurma, CMC, Minuman Fungsional, *D-Optimal*, *Design-Expert*.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF PASTEURIZED COW MILK FORMULA WITH THE ADDITION OF MORINGA LEAF EXTRACT (*Moringa oleifera*), DATE FRUIT EXTRACT (*Phoenix dactylifera*) AND CMC AS A FUNCTIONAL BEVERAGE USING THE DESIGN EXPERT MIXTURE D-OPTIMAL METHOD

By :

Fadlan Mohamad Gibran

NPM : 22.302.0070

(Department of Food Technology)

*Pasteurized cow milk is a nutrient-rich food product, but it has a limited shelf life and is prone to quality deterioration during storage. The addition of functional components is needed to increase its nutritional value and expand the health benefits of the milk product. This study aimed to formulate an optimal formula for pasteurized cow milk with the addition of Moringa leaf extract (*Moringa oleifera*) as a source of antioxidants and plant-based protein, date fruit extract (*Phoenix dactylifera*) as a natural sweetener and source of phenolic compounds, and CMC as a stabilizer, resulting in a functional beverage using the Design-Expert Mixture D-Optimal method. The independent variables in this study included Moringa leaf extract (3%–7%), date fruit extract (17%–22%), and CMC (0%–1%). The responses analyzed covered chemical responses (total sugar, protein, and fat content, and antioxidant activity), physical response (sludge volume), microbiological response (Total Plate Count), and hedonic organoleptic responses (aroma, taste, color, texture, and aftertaste). The results showed that the Design-Expert Mixture D-Optimal method produced an optimal formulation consisting of 6.08% Moringa leaf extract, 18.92% date fruit extract, and 0% CMC, with a desirability value of 0.805. Verification of the optimal formulation showed a total sugar content of 27.87%, protein content of 4.32%, fat content of 2.92%, antioxidant activity (IC_{50}) of 122.59 ppm, sludge volume of 8.40%, and a Total Plate Count of 5.23×10^3 colonies/mL. For the organoleptic responses on a 1–6 hedonic scale, the optimal formulation obtained an aroma score of 4.67, taste score of 4.61, color score of 4.57, texture score of 4.91, and aftertaste score of 4.62. All actual verification values remained within the 95% Prediction Interval (PI) generated by the Design-Expert software.*

Keywords: Pasteurized Cow Milk, Moringa Leaf Extract, Date Fruit Extract, CMC, Functional Beverage, D-Optimal, Design-Expert.

**OPTIMASI FORMULA SUSU SAPI PASTEURISASI DENGAN
TAMBAHAN EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*),
EKSTRAK BUAH KURMA (*Phoenix dactylifera*) DAN
PENAMBAHAN CMC SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL
MENGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE *MIXTURE
D-OPTIMAL***

Oleh:

Fadlan Mohamad Gibran
NPM : 223020070
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui :

Tanggal 12 Agustus 2026

Pembimbing Akademik

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jaka Rukmana', with a horizontal line underneath the name.

(Jaka Rukmana, S.T., M.T.)

**OPTIMASI FORMULA SUSU SAPI PASTEURISASI DENGAN
TAMBAHAN EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*),
EKSTRAK BUAH KURMA (*Phoenix dactylifera*) DAN
PENAMBAHAN CMC SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL
MENGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE *MIXTURE
D-OPTIMAL***

Oleh:

Fadlan Mohamad Gibran
NPM : 223020070
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui :

Tanggal 13 Agustus 2026

Koordinator Belmawabud
(Pembelajaran, Kemahasiswaan, Alumni, Agama dan Budaya)



(Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M. T.)

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Gibran, F. M. (2026): Optimasi Formula Susu Sapi Pasteurisasi dengan Tambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*), Ekstrak Buah Kurma (*Phoenix dactylifera*) dan Penambahan CMC Sebagai Minuman Fungsional Menggunakan *Design-Expert* Metode *Mixture D-Optimal*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Gibran, F. M. (2026): *Optimization of Pasteurized Cow Milk Formula with the Addition of Moringa Leaf Extract (Moringa oleifera), Date Fruit Extract (Phoenix dactylifera) and CMC as a Functional Beverage Using the Design-Expert Mixture D-Optimal Method. Bachelor's Thesis, Pasundan University.*

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya serta kepada Kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu serta Adik tersayang, yang selalu memberi doa, kesabaran, dan dukungan yang tidak pernah berhenti. Setiap proses yang dijalani tidak lepas dari restu serta kepercayaan yang selalu mengiringi langkah penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan kumpulan kata kata yang memiliki makna ini, Maaf atas segala kekecewaan yang telah penulis lakukan selama penulis jauh di perantauan dan Terimakasih atas segala pengorbanan, pelajaran, uang, dan semua materi yang diberikan untuk penulis agar penulis dapat mendapatkan gelar yang sudah didembakan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “**Optimasi formula susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*), ekstrak buah kurma (*Phoenix dactylifera*) dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional menggunakan *Design-Expert* metode *Mixture D-Optimal* ” sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Pasundan Bandung.**

Penulis menyadari bahwa dalam proses tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Jaka Rukmana S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan dan sebagai Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, bimbingan, arahan, serta kesabaran yang telah diberikan selama proses penyusunan. Masukan dan perhatian yang diberikan sangat membantu penulis dalam memahami, memperbaiki, dan menyelesaikan setiap tahapan dengan baik.
2. Nabila Marthia, S.T., M.Si.P. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr. Istiyati Inayah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T. selaku Koordinator Belmawabud (Pembelajaran, Kemahasiswaan, Alumni, agama dan Budaya) Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
5. PT Indofood Sukses Makmur Tbk dengan program Indofood Riset Nugraha yang sudah memberikan hibah penelitian kepada peneliti untuk memberikan serta menuangkan ide yang bermanfaat bagi peneliti khusus nya serta bagi seluruh masyarakat Indonesia.
6. Kepada Citra Fiqih Rahmah, Terimakasih, Manusia yang menemani penulis dengan cara nya sendiri, semoga bermanfaat, berguna untuk seluruh masyarakat Indonesia dan berujung untuk peneliti.
7. Kepada Teman BSH, Citra Fiqih Rahmah, Bassam Shauqi Maskati, Dzakhirah Asma Nurullah, Jidan Al-Farizi, Fakhriza Saukan As-Shidiqie, Charunnisa

Ismail, Dena Alifia Az-Zahra manusia manusia yang membuat penulis selalu ingin duduk di barisan depan saat kuliah, untuk percakapan sederhana, tawa, pertemuan tak berencana dan tata letak foto yang abstrak menjadi adegan yang sangat berarti di tengah perjalanan yang penuh pembelajaran bagi penulis. terimakasih untuk warna dan cerita yang abadi ini.

8. Kepada Teman-Teman Tepebread, DKM, IRN dan pemeran tambahan lainnya, terimakasih sudah menjadi batu loncatan, teman bertukar pikiran dan manusia yang selalu menemani penulis selama penulis masih berpendidikan di bangku Universitas Pasundan.
9. Kepada seluruh pihak yang telah membantu penulisan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap dengan selesainya tugas akhir ini dapat memberikan dampak positif khususnya bagi penulis, umumnya bagi semua pihak.

Bandung, 10 Juli 2026

Fadlan Mohamad Gibran

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.5 Kerangka Pemikiran.....	9
1.6 Hipotesis Penelitian.....	14
1.7 Waktu dan Tempat Penelitian	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 Susu Sapi.....	16

2.2 Ekstrak Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	20
2.3 Ekstrak Buah Kurma (<i>Phoenix dactylifera</i>).....	25
2.4 <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC).....	30
2.5 Pasteurisasi.....	32
2.6 <i>Design-Expert</i>	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Bahan dan Alat.....	39
3.1.1 Bahan-Bahan Penelitian.....	39
3.1.2 Alat-alat Penelitian.....	39
3.2 Metode Penelitian.....	40
3.2.1 Rancangan Penelitian.....	40
3.2.2 Rancangan Respon.....	42
3.2.3 Rancangan Analisis.....	43
3.3 Prosedur Penelitian.....	45
3.3.1 Penelitian Tahap Pertama : Penentuan Formulasi menggunakan <i>Design-Expert</i> metode <i>D-Optimal</i>	45
3.3.2 Penelitian Tahap Kedua : Pembuatan produk sesuai formula pada tahap pertama.....	49
3.3.3 Penelitian Tahap Ketiga : Analisis Respon Kimia, Fisik dan Mikrobiologi dan Uji Organoleptik.....	54
3.3.4 Penelitian Tahap Keempat : Analisis data dan optimasi.....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian Utama.....	59
4.1.1 Hasil Analisis Respon Kimia.....	59
4.1.2 Hasil Analisis Respon Fisik.....	89
4.1.3 Hasil Analisis Respon Mikrobiologi.....	96

4.1.4 Hasil Respon Organoleptik	101
4.2 Formulasi Optimal	132
4.2.1 Penetapan <i>Goal</i> dan <i>Importance</i>	132
4.2.2 Penentuan Formulasi Optimal.....	137
4.3 Verifikasi Formulasi Optimal	140
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	143
5.1 Kesimpulan	143
5.2 Saran.....	144
DAFTAR PUSTAKA	145
LAMPIRAN.....	152

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia susu sapi segar (per 100 gram)	18
2. Komposisi kimia daun kelor (per 100 g daun).....	23
3. Kandungan zat gizi kurma per 100 gram	27
4. Variabel tetap dalam pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional.....	41
5. Batas atas dan batas bawah variabel formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional.....	42
6. Kriteria uji skala hedonik	43
7. Tingkat <i>Importance</i> setiap Respon.....	56
8. Hasil Analisis Kadar Gula total.....	61
9. ANOVA Analisis Kadar Gula Total	63
10. Hasil Analisis Kadar Protein	69
11. ANOVA Analisis Kadar Protein	71
12. Hasil Analisis Kadar Lemak	76
13. ANOVA Analisis Kadar Lemak	77
14. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀).....	83
15. ANOVA Analisis Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀).....	85
16. Hasil Analisis <i>Sludge volume</i>	90
17. ANOVA Analisis <i>Sludge volume</i>	92

18. Hasil Analisis <i>Total Plate Count</i>	97
19. ANOVA Analisis <i>Total Plate Count</i>	98
20. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Aroma	103
21. ANOVA Organoleptik Atribut Aroma.....	104
22. Hasil Analisis Organoleptik Rasa	109
23. ANOVA Organoleptik Atribut Rasa	110
24. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna.....	114
25. ANOVA Organoleptik Atribut Warna	115
26. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Tekstur	119
27. ANOVA Organoleptik Atribut Tekstur	120
28. Hasil Analisis Organoleptik Atribut <i>Aftertaste</i>	126
29. ANOVA Organoleptik Atribut <i>Aftertaste</i>	127
30. Penetapan <i>Goal</i> Dan <i>Importance</i> Susu Fungsional.....	133
31. Rekomendasi Formulasi Optimal Produk	138
32. Hasil <i>Point Prediction</i> pada Produk Susu Fungsional	139
33. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk	141
34. Formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional	159
35. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Gula Total	169
36. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Protein.....	175
37. Hasil Analisis Respon Kimia Analisis Kadar Lemak	177
38. Hasil Analisis Respon Kimia Aktivitas Antioksidan (IC_{50})	180
39. Hasil Analisis Respon Kimia Aktivitas Antioksidan (IC_{50}) Lanjutan.....	182

40. Hasil Analisis Respon Fisik <i>Sludge volume</i>	184
41. Hasil Analisis Respon Mikrobiologi <i>Total Plate Count</i>	187
42. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Aroma.....	189
43. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Rasa.....	190
44. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Warna	191
45. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Tekstur	192
46. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut <i>Aftertaste</i>	193
47. Hasil Analisis Kadar Gula Total	194
48. Hasil Analisis Kadar Protein.....	194
49. Hasil Analisis Kadar Lemak	194
50. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50}).....	195
51. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50}) Lanjutan.....	195
52. Hasil Analisis <i>Sludge volume</i>	195
53. Hasil Verifikasi Analisis <i>Total Plate Count</i>	195
54. Hasil Verifikasi Organoleptik Metode Hedonik	196

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun Kelor	21
2. Buah Kurma	28
3. <i>Pasteurizer Milk Sterilizer</i>	33
4. Batasan Bahan Baku Ekstrak Daun Kelor, Ekstrak Buah kurma dan CMC ...	46
5. Laporan Input Data (Susu sapi pasteurisasi dengan tambahan Ekstrak daun kelor, Ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional)	46
6. Satuan Analisis Respon Kimia, Mikrobiologi dan Organoleptik	47
7. Formulasi bahan baku dan Bahan Tambahan	48
8. Diagram alir pembuatan ekstrak daun kelor	51
9. Diagram alir pembuatan ekstrak buah kurma	52
10. Diagram alir pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional.....	53
11. Prosedur penelitian tahap ketiga dan keempat	55
12. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis Kadar Gula Total	65
13. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis Kadar Protein.....	73
14. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis Kadar Lemak	79
15. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀).....	87
16. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis <i>Sludge volume</i>	94
17. Grafik 3D <i>Surface</i> Analisis <i>Total Plate Count</i>	100

18. Grafik 3D <i>Surface</i> Organoleptik Atribut Aroma	105
19. Grafik 3D <i>Surface</i> Organoleptik Atribut Rasa.....	111
20. Grafik 3D <i>Surface</i> Organoleptik Atribut Warna	116
21. Grafik 3D <i>Surface</i> Organoleptik Atribut Tekstur	122
22. Grafik 3D <i>Surface</i> Organoleptik Atribut <i>Aftertaste</i>	128
23. Grafik <i>Desirability</i> Formulasi Optimal Produk	139
24. Rumus Analisis Kadar Gula Total	153
25. Rumus Analisis Kadar Protein.....	154
26. Rumus Analisis Kadar Lemak	154
27. Rumus Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})	155
28. Rumus Analisis <i>Sludge volume</i>	156
29. Rumus Analisis <i>Total Plate Count</i>	156

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur Analisis Kadar Gula Total	152
2. Prosedur Analisis Kadar Protein	153
3. Prosedur Analisis Kadar Lemak	154
4. Prosedur Analisis Aktivitas Antioksidan (IC ₅₀) (DPPH)	154
5. Prosedur Analisis <i>Sludge volume</i> (Sentrifugasi)	155
6. Prosedur Analisis <i>Total Plate Count</i> (TPC)	156
7. Formulir Uji Organoleptik Metode Hedonik	156
8. Perhitungan Kebutuhan Sampel Susu Fungsional	157
9. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku	157
10. Rincian Biaya Analisis Penelitian	158
11. Rincian Kebutuhan setiap Respon.	158
12. Formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional ..	159
13. Fit Statistics	160
14. Dokumentasi Pembuatan Produk	163
15. Dokumentasi Analisis Kadar Gula Total	164
16. Perhitungan Analisis Kadar Gula Total	166
17. Dokumentasi Analisis Kadar Protein	173
18. Perhitungan Analisis Kadar Protein	174
19. Dokumentasi Analisis Kadar Lemak	176

20. Perhitungan Analisis Lemak	177
21. Dokumentasi Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})	178
22. Perhitungan Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})	179
23. Dokumentasi Analisis <i>Sludge volume</i>	183
24. Perhitungan Analisis <i>Sludge volume</i>	184
25. Dokumentasi Analisis <i>Total Plate Count</i>	185
26. Perhitungan Analisis <i>Total Plate Count</i>	186
27. Dokumentasi Uji Organoleptik Metode Hedonik	188
28. Verifikasi Formula Optimal	194

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai : 1.1 Latar Belakang Penelitian, 1.2 Identifikasi Masalah, 1.3 Tujuan Penelitian, 1.4 Manfaat Penelitian, 1.5 Kerangka Pemikiran, 1.6 Hipotesis Penelitian, dan 1.7 Waktu dan Tempat Penelitian

1.1 Latar Belakang

Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu bahan pangan nabati yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan dalam produk pangan olahan, namun pemanfaatannya dalam industri pangan masih relatif terbatas. Daun kelor diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenolik, dan vitamin yang berperan sebagai antioksidan alami. Kandungan antioksidan tersebut berfungsi dalam menangkal radikal bebas serta berkontribusi terhadap peningkatan mutu fungsional suatu produk pangan. Selain itu, daun kelor juga mengandung protein nabati dan mineral yang dapat menunjang nilai gizi produk apabila diaplikasikan secara tepat dalam sistem pangan (Krisnadi, 2012; Suryani & Hidayat, 2022).

Penggunaan daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam bentuk kering dinilai lebih unggul dibandingkan bentuk segar terutama dari aspek stabilitas bahan dan konsistensi mutu. Daun kelor segar memiliki kadar air yang tinggi, berkisar antara 70,00–80,00%, sehingga sangat rentan terhadap aktivitas enzimatik dan pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penurunan kualitas senyawa bioaktif. Enzim seperti polifenol

oksidase dapat memicu oksidasi senyawa fenolik yang berdampak pada penurunan aktivitas antioksidan. Selain itu, kadar air yang tinggi juga mempercepat proses pembusukan sehingga umur simpan menjadi sangat terbatas. Sebaliknya, proses pengeringan mampu menurunkan kadar air secara signifikan sehingga menghambat aktivitas enzim dan mikroba, serta meningkatkan stabilitas senyawa bioaktif yang terkandung di dalam daun kelor. (Fahey, 2005)

Daun kelor kering juga memiliki keunggulan dalam hal kemudahan penanganan, penyimpanan, dan distribusi, serta memberikan komposisi bahan yang lebih konsisten karena tidak dipengaruhi oleh fluktuasi kadar air seperti pada daun segar. Selain itu, struktur jaringan daun yang telah mengalami dehidrasi menjadi lebih rapuh sehingga mempermudah penetrasi pelarut selama proses ekstraksi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi pelepasan senyawa aktif (Fahey, 2005)

Buah kurma (*Phoenix dactylifera*) merupakan bahan pangan yang kaya akan karbohidrat sederhana, serat pangan, serta senyawa fenolik yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Kandungan gula alami pada kurma menjadikannya berpotensi sebagai pemanis alami yang dapat menggantikan gula tambahan dalam produk minuman. Selain meningkatkan karakteristik sensori, senyawa fenolik pada kurma juga

berperan dalam meningkatkan kapasitas antioksidan produk pangan apabila dikombinasikan dengan bahan lain yang memiliki aktivitas serupa (Putri et al., 2021; Winarno, 2004).

Salah satu varietas kurma yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan produk pangan adalah Kurma Sukari. Varietas ini dipilih karena memiliki karakteristik sensori yang unggul dibandingkan beberapa jenis kurma lainnya, terutama dari segi rasa, tekstur, dan tingkat kemanisan. Kurma sukari dikenal memiliki rasa yang sangat manis dengan tekstur yang relatif lembut dan berserat halus, sehingga mudah dihancurkan maupun diekstraksi dalam proses pengolahan pangan. Selain itu, kandungan gula sederhana seperti glukosa dan fruktosa pada kurma sukari cukup tinggi, sehingga berpotensi memberikan rasa manis alami tanpa memerlukan penambahan gula dalam jumlah besar pada formulasi produk (Al-Farsi & Lee, 2008).

Karakteristik kemanisan pada kurma sukari juga berkaitan dengan kandungan total gula yang tinggi, yang dapat mencapai sekitar 60,00–70,00% dari berat kering buah, dengan komposisi utama berupa glukosa dan fruktosa yang mudah larut dalam air. Sifat ini menjadikan kurma sukari sangat sesuai digunakan dalam formulasi produk minuman atau ekstrak karena komponen gulanya mudah terdispersi dan memberikan rasa manis yang merata pada produk (Vayalil, 2012). Selain itu, tekstur buah yang relatif lunak dibandingkan varietas kurma kering lainnya juga mempermudah proses ekstraksi senyawa larut air, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan.

Susu merupakan bahan pangan hewani yang banyak digunakan sebagai basis pengembangan produk minuman karena memiliki kandungan protein berkualitas tinggi, lemak, laktosa, serta mineral yang relatif lengkap. Susu juga berperan sebagai matriks pangan yang mampu membawa dan melarutkan komponen bioaktif dari bahan tambahan lain. Karakteristik ini menjadikan susu sebagai medium yang sesuai untuk formulasi produk minuman berbasis fortifikasi bahan nabati, dengan tetap mempertimbangkan stabilitas fisik, kimia, dan mutu sensori produk akhir (Walstra et al., 2006; Wirakartakusumah et al., 1992).

Berdasarkan SNI 3951:2018 yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional, susu pasteurisasi adalah susu yang telah mengalami proses pemanasan pada suhu di bawah 100°C dalam waktu tertentu dengan tujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen tanpa merusak nilai gizi dan karakteristik sensori secara signifikan. Produk ini tetap memerlukan penyimpanan pada suhu dingin untuk menjaga kualitas dan memperpanjang umur simpan. Sementara itu, susu sterilisasi merupakan produk susu yang diproses pada suhu tinggi, umumnya di atas 100°C, hingga mencapai kondisi steril komersial, yaitu tidak mengandung mikroorganisme hidup termasuk spora. Proses ini menghasilkan produk dengan umur simpan yang lebih panjang dan dapat disimpan pada suhu ruang.

Penggabungan daun kelor, buah kurma, dan susu dalam satu sistem pangan berpotensi menghasilkan produk minuman dengan nilai fungsional yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan bahan tunggal. Interaksi antara senyawa antioksidan dari

daun kelor dan kurma dengan protein susu dapat meningkatkan diversitas senyawa bioaktif dalam produk. Selain itu, kombinasi tersebut juga berpotensi memperbaiki karakteristik sensori, di mana rasa khas daun kelor dapat diseimbangkan oleh rasa manis alami dari kurma dan karakter *creamy* dari susu. Formulasi yang tepat mampu menghasilkan produk dengan mutu fisik, kimia, dan sensori yang stabil (Suryani & Hidayat, 2022).

Produk minuman yang mengandung senyawa bioaktif dan memberikan manfaat tambahan di luar fungsi dasar gizi dikenal sebagai minuman fungsional. Minuman fungsional dikembangkan dengan tujuan meningkatkan nilai tambah produk pangan melalui pemanfaatan komponen alami yang memiliki aktivitas fisiologis, seperti antioksidan. Dalam pengembangan minuman fungsional, aspek teknologi pangan seperti kestabilan sistem, homogenitas, serta daya terima konsumen menjadi faktor penting yang harus diperhatikan agar produk dapat diaplikasikan secara berkelanjutan (BPOM RI, 2005; Winarno, 2004).

Formulasi minuman berbasis susu dengan penambahan bahan nabati sering menghadapi permasalahan stabilitas, terutama terkait dengan pengendapan partikel dan pemisahan fase selama penyimpanan. Tanpa penambahan bahan penstabil, partikel daun kelor cenderung mengendap akibat perbedaan densitas dan ukuran partikel dalam sistem cair. Kondisi ini dapat menurunkan mutu fisik produk dan mengurangi daya terima konsumen. Oleh karena itu, diperlukan upaya penambahan bahan penstabil

CMC untuk meningkatkan stabilitas sistem minuman agar tetap homogen selama penyimpanan (Wirakartakusumah et al., 1992).

CMC dipilih dibandingkan stabilizer lain seperti gum arab, xanthan gum, atau guar gum karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah larut dalam air dingin, stabil pada rentang pH yang cukup luas, serta mampu menghasilkan viskositas yang stabil pada konsentrasi relatif rendah. Selain itu, CMC juga memiliki kemampuan mengikat air (*water binding capacity*) yang baik sehingga dapat mencegah terjadinya pemisahan fase dalam produk minuman. Penggunaan CMC dalam produk minuman juga relatif aman dan telah banyak diaplikasikan dalam berbagai produk pangan seperti minuman susu, sari buah, dan minuman fungsional (Imeson, 2010).

Dalam pengolahan susu pasteurisasi, penggunaan bahan tambahan pangan seperti penstabil harus mengacu pada regulasi nasional yang berlaku guna menjamin keamanan, mutu, dan kejujuran produk. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui SNI 3951:2018, susu pasteurisasi diperbolehkan mengandung bahan tambahan pangan selama penggunaannya tidak mengubah karakteristik dasar susu serta memenuhi ketentuan yang berlaku. Selain itu, pengaturan lebih rinci mengenai jenis dan batas penggunaan bahan tambahan pangan diatur oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan dalam Peraturan BPOM Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan, yang menyatakan bahwa *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) termasuk dalam golongan penstabil dan pengental yang diizinkan untuk digunakan dalam produk pangan, termasuk susu (BPOM RI, 2019).

Proses pasteurisasi merupakan tahapan penting dalam pengolahan minuman berbasis susu untuk menjamin keamanan pangan dan memperpanjang umur simpan produk. Metode pasteurisasi suhu rendah waktu lama (*Low Temperature Long Time/LTLT*) dipilih karena mampu menurunkan jumlah mikroorganisme patogen dengan kerusakan minimal terhadap komponen bioaktif yang sensitif terhadap panas. Pemanasan pada suhu 63–65°C selama 30 menit dinilai lebih aman dalam mempertahankan aktivitas antioksidan dibandingkan pemanasan suhu tinggi. Penerapan metode LTLT diharapkan dapat menjaga mutu fungsional minuman sekaligus memenuhi aspek keamanan pangan (Buckle et al., 2009; Winarno, 2004).

Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk merumuskan formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional yang layak dikonsumsi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif terhadap pemenuhan gizi harian dan menjadi kontribusi nyata terhadap pengembangan pangan fungsional lokal.

Meskipun telah terdapat produk komersial seperti Provitmilk yang menggabungkan susu kambing bubuk dengan daun kelor dan kurma, produk tersebut berbentuk bubuk instan yang perlu diseduh dan umumnya ditujukan untuk konsumen dewasa (Tokopedia, 2025). Berbeda dengan itu, penelitian ini mengembangkan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional dalam bentuk *ready to drink* (RTD) yang lebih praktis, segar, dan mudah dikonsumsi langsung. Bentuk penyajian ini

memberikan nilai kepraktisan, kenyamanan, serta mempertahankan kualitas sensori yang optimal. Diferensiasi ini menjadikan produk yang dikembangkan memiliki nilai kebaruan (*novelty*) dan potensi pasar yang tinggi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka masalah yang dapat diidentifikasi adalah bagaimana pengaruh formulasi optimal susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional terhadap respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk membuat formulasi dan mengevaluasi terhadap susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah:

1. Merumuskan komposisi optimal susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional.
2. Menganalisis respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik terhadap produk susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Akademis: sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi pangan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.
2. Industri: memberikan alternatif inovasi produk susu fungsional yang dapat meningkatkan daya saing di pasar lokal maupun internasional.
3. Pemerintah: menyediakan alternatif minuman sehat dari bahan lokal sebagai minuman fungsional.

1.5 Kerangka Pemikiran

Peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap produk pangan fungsional yang tidak hanya memberikan nilai gizi tetapi juga manfaat kesehatan mendorong pengembangan inovasi berbasis bahan pangan lokal. Daun kelor (*Moringa oleifera*) merupakan salah satu sumber bahan pangan yang kaya protein (27,00%), vitamin A, C, dan mineral seperti zat besi serta kalsium. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun kelor seperti flavonoid dan fenolik diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, sehingga dapat membantu meningkatkan sistem imun dan mencegah stres oksidatif pada tubuh (Elisma, 2020).

Sementara itu, buah kurma (*Phoenix dactylifera*) memiliki kandungan gula alami seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang dapat menjadi sumber energi cepat, serta kaya akan serat, kalium, magnesium, dan senyawa antioksidan seperti tanin dan

flavonoid. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi kurma dapat membantu meningkatkan energi, menjaga kesehatan pencernaan, dan menurunkan risiko penyakit degeneratif (Primurdia & Kusnadi, 2014).

Kombinasi daun kelor dan buah kurma dalam produk susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional diharapkan dapat memberikan sinergi gizi, di mana kelor berperan sebagai sumber mikronutrien dan antioksidan, sementara kurma menyediakan energi dan memperbaiki cita rasa alami minuman. Penelitian oleh Shaikh, (2020) menunjukkan bahwa penambahan sari kelor dalam susu kedelai dapat meningkatkan kandungan protein serta diterima secara organoleptik oleh konsumen. Selain itu, Primurdia & Kusnadi (2014) juga melaporkan bahwa fermentasi sari kurma menghasilkan produk dengan aktivitas antioksidan tinggi.

Dalam produk berbasis susu, perlakuan pasteurisasi menjadi faktor penting untuk menjamin keamanan mikrobiologis. Susu segar dipasteurisasi pada suhu 63–65°C selama 30 menit (LTLT) atau 72°C selama 15 detik (HTST). Pemanasan ini dapat memengaruhi stabilitas senyawa bioaktif: flavonoid dan fenolik dalam daun kelor relatif stabil pada pemanasan sedang ($\leq 70^\circ\text{C}$), namun pemanasan yang lebih tinggi atau terlalu lama dapat menurunkan aktivitas antioksidan secara signifikan (Putri et al., 2021; Suryani & Hidayat, 2022).

Begitu juga, penambahan CMC sebagai bahan penstabil, suhu tinggi dapat meningkatkan viskositas sementara waktu pemanasan yang lama dapat menyebabkan penurunan kemampuan CMC dalam menjaga kestabilan campuran (Jamaludin, 2024). Oleh karena itu, pengaturan suhu dan waktu pasteurisasi harus seimbang antara menjaga keamanan susu dan mempertahankan aktivitas bioaktif serta fungsi stabilisasi CMC. Dengan penjelasan tersebut penelitian ini akan menggunakan teknik pasteurisasi LTLT (*Long Time Low Temperature*) agar senyawa bioaktif yang terkandung tidak berkurang signifikan dan tetap menjaga kualitas dari aspek mikrobiologi pada produk tersebut.

Penentuan batas atas dan batas bawah konsentrasi ekstrak daun kelor, ekstrak kurma, dan CMC dalam formulasi produk dilakukan berdasarkan hasil uji pendahuluan (*trial and error*) serta pengamatan langsung terhadap karakteristik sensori dan fisik produk. Pendekatan ini dilakukan untuk memperoleh rentang formulasi yang secara teknis dapat diproduksi dan secara sensori masih dapat diterima sebelum dilakukan proses optimasi menggunakan metode campuran (*Mixture Design*).

Metode ekstraksi menggunakan pelarut air merupakan pendekatan yang relevan dan banyak digunakan dalam pengolahan bahan pangan karena bersifat aman, tidak toksik, serta mudah diaplikasikan dalam skala industri. Air memiliki polaritas tinggi sehingga efektif dalam melarutkan senyawa-senyawa hidrofilik yang dominan terdapat dalam daun kelor, seperti senyawa fenolik, flavonoid, vitamin larut air, serta beberapa mineral. Proses ekstraksi pada dasarnya merupakan perpindahan massa dari matriks

padatan ke dalam pelarut, yang dipengaruhi oleh gradien konsentrasi antara bahan dan pelarut. (Azmir et al., 2013)

Pada daun kelor kering, kondisi ini menjadi lebih menguntungkan karena dinding sel yang telah melemah akibat proses pengeringan memungkinkan pelarut lebih mudah menembus jaringan dan melarutkan senyawa aktif. Selain itu, penggunaan air sebagai pelarut juga mendukung pengembangan produk pangan fungsional seperti minuman, karena tidak memerlukan tahap pemisahan pelarut berbahaya sehingga proses menjadi lebih sederhana dan ekonomis. Meskipun demikian, keterbatasan air sebagai pelarut adalah ketidakmampuannya dalam melarutkan senyawa non-polar, sehingga ekstrak yang dihasilkan cenderung didominasi oleh senyawa polar (Azmir et al., 2013)

Konsentrasi ekstrak daun kelor ditetapkan pada rentang 3,00–7,00%. Berdasarkan uji coba awal, penggunaan ekstrak kelor di bawah 3,00% menghasilkan warna dan cita rasa yang kurang khas serta kontribusi fungsional yang belum optimal. Sebaliknya, pada konsentrasi di atas 7,00% muncul rasa pahit yang kuat serta warna hijau pekat yang menurunkan daya terima produk. Oleh karena itu, rentang 3,00–7,00% dipilih sebagai batas operasional yang masih dapat diterima secara sensori, dengan titik tengah 4,50% sebagai formulasi rujukan awal yang mengacu pada penelitian Aderinola (2018), yang menyatakan bahwa fortifikasi kelor pada kisaran tersebut masih dapat diterima secara sensori serta memberikan peningkatan nilai gizi yang signifikan.

Ekstrak kurma digunakan pada rentang 17,00–22,00%. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa konsentrasi kurma di bawah 17,00% belum mampu memberikan tingkat kemanisan yang cukup untuk menyeimbangkan rasa khas ekstrak kelor. Sementara itu, penggunaan ekstrak kurma di atas 22,00% menghasilkan rasa yang terlalu manis dan meningkatkan kekentalan produk secara berlebihan, sehingga memengaruhi kenyamanan konsumsi. Oleh karena itu, rentang 17,00–22,00% dipilih untuk menjaga keseimbangan rasa manis, tekstur, dan karakteristik sensori produk, dengan konsentrasi 20,00% sebagai titik tengah yang mengacu pada penelitian Sabil (2023), yang menyatakan bahwa penggunaan kurma pada konsentrasi tersebut memberikan keseimbangan optimal antara rasa manis, tekstur, dan karakteristik sensori produk.

CMC digunakan sebagai bahan penstabil dengan rentang konsentrasi 0,00–1,00%. Berdasarkan hasil pengujian awal, penggunaan CMC di atas 1,00% menyebabkan tekstur produk menjadi terlalu kental dan menurunkan penerimaan sensoris, sehingga 1,00% ditetapkan sebagai batas atas. Batas bawah ditetapkan pada 0,00% secara sengaja, yaitu sebagai titik kontrol agar rancangan campuran dapat menguji apakah penambahan CMC memang diperlukan untuk menjaga kestabilan produk atau justru tidak memberikan keuntungan pada penerimaan sensoris. Dengan demikian rentang 0,00–1,00% dipilih sebagai batas konsentrasi CMC yang diuji, dengan 0,50% sebagai titik tengah formulasi yang merujuk pada penelitian Jamaludin

(2024), yang melaporkan bahwa CMC pada konsentrasi tersebut efektif sebagai penstabil tanpa memberikan efek negatif terhadap tekstur dan cita rasa produk.

Seluruh batas atas, batas bawah, dan titik tengah tersebut ditetapkan berdasarkan hasil pengamatan empiris selama uji pendahuluan (*trial and error*), kemudian digunakan sebagai dasar dalam perancangan formulasi menggunakan metode campuran (*Mixture Design*) untuk memperoleh kombinasi formulasi optimum sesuai dengan respon yang diinginkan. Dan Rasio 1:10 (b/v) pada proses penghancuran air dan kelor, rasio 1:2 (b/v) pada proses penghancuran air dan kurma, dipilih untuk menghasilkan ekstrak yang cukup pekat sehingga kandungan senyawa bioaktif tetap tinggi, namun masih memungkinkan proses filtrasi dan homogenisasi berjalan optimal (Siddhuraju & Becker, 2003; Biglari et al., 2008).

Dengan demikian, penelitian ini disusun untuk merumuskan formulasi optimal susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional yang berpengaruh terhadap respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik. Produk ini diharapkan dapat menjadi alternatif minuman sehat berbasis bahan lokal yang mendukung ketahanan pangan serta peningkatan status gizi masyarakat Indonesia.

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah diduga formulasi optimal susu sapi pasteurisasi dengan tambahan

ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional berpengaruh terhadap respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik.

1.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Jalan Setiabudi No. 193, Bandung. Waktu pelaksanaan penelitian dijadwalkan pada bulan Maret 2026 hingga bulan Juli 2026.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai : 2.1 Susu sapi, 2.2 Ekstrak daun kelor, 2.3 Ekstrak buah kurma, 2.4 *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), 2.5 Pasteurisasi, 2.6 *Design-Expert*.

2.1 Susu Sapi

Susu adalah suatu zat yang berwujud cair. Cairan susu dihasilkan oleh kelenjar mamalia, termasuk manusia. Susu merupakan sumber energi dan gizi yang paling utama, khususnya untuk bayi. Susu dapat berasal dari manusia, hewan ternak seperti; sapi, kambing, domba, kerbau, dan kuda, serta dapat juga dihasilkan dari kacang-kacangan terutama kacang kedelai. Susu mengandung banyak gizi seperti vitamin, protein, kalsium, fosfor, magnesium, dan zinc (seng). Susu memiliki banyak manfaat bagi kesehatan bagi tubuh manusia, tidak hanya untuk anak-anak maupun remaja tetapi dapat dirasakan juga oleh orang dewasa. Beberapa manfaat susu antara lain sebagai sumber protein (kasein dan whey, serta mengandung sembilan asam amino esensial), dapat menurunkan berat badan berlebihan, dapat menguatkan tulang, sebagai sumber nutrisi, sebagai bahan serbaguna yang digunakan dalam makanan (Suryandari, 2021).

Susu terbagi beberapa jenis, yaitu susu pasteurisasi, susu bubuk, dan susu UHT, Susu pasteurisasi adalah susu segar yang sudah melewati proses pemanasan pada suhu

63–65°C selama 30 menit yang disebut LTLT (*Low Temperature Long Time*) atau pada suhu 72°C selama 15 detik yang biasa disebut dengan HTST (*High Temperature Short Time*) pasteurisasi. Proses pasteurisasi bertujuan untuk membunuh seluruh mikroorganisme baik pembusuk maupun patogen. Namun tidak dapat membunuh spora bakteri, terutama spora yang memiliki sifat termoresisten (bersifat tahan dengan suhu tinggi), dan juga hanya menghambat pertumbuhan protozoa. Susu pasteurisasi memiliki umur simpan hanya sekitar 14 hari pada suhu rendah (5°C sampai 6°C) dan jika kemasan susu sudah dibuka, maka hanya akan bertahan pada suhu ruangan selama 16 jam.

Susu bubuk adalah susu yang telah diubah bentuknya menjadi bubuk dengan perlakuan pengeringan. Umumnya pengeringan dilakukan dengan menggunakan *spray dryer* atau *roller dryer*. Pengeringan tersebut dilakukan untuk menghilangkan air dan lemak dalam susu. Namun, susu bubuk masih memiliki kandungan protein, laktosa, vitamin yang larut, lemak, air, dan mineral. Susu bubuk juga seringkali ditambahkan vitamin dan mineral untuk menambah kualitas nutrisi susu bubuk tersebut. Terdapat dua jenis susu bubuk yaitu susu bubuk berlemak (*full cream milk powder*) dan susu bubuk tanpa lemak (*skim milk powder*).

Umur simpan susu bubuk dalam penanganan yang baik dan benar maksimal dua tahun serta memiliki harga produk yang terjangkau. Susu UHT (*Ultra High Temperature*) merupakan susu yang melewati proses sterilisasi dengan suhu 135–145°C dan dalam waktu yang singkat selama 2–5 detik. Pemanasan pada suhu tinggi

bertujuan untuk membunuh seluruh mikroorganisme baik pembusuk maupun patogen beserta dengan spora. Waktu pemanasan yang singkat dimaksudkan untuk mencegah kerusakan nilai gizi susu serta untuk mendapatkan warna, aroma dan rasa yang relatif tidak berubah seperti susu segarnya. Susu memiliki kelebihan yaitu dapat disimpan pada suhu kamar selama tidak lebih dari 8 minggu (Suryandari, 2021)

Tabel 1. Komposisi kimia susu sapi segar (per 100 gram)

Komponen	Kadar Rata-rata	Satuan
Air	87,0 – 88,0	g
Protein total	3,0 – 3,5	g
Lemak	3,5 – 4,0	g
Laktosa	4,5 – 5,0	g
Abu (mineral)	0,7 – 0,8	g
Kalsium (Ca)	120 – 130	mg
Fosfor (P)	90 – 100	mg
Kalium (K)	150 – 160	mg
Natrium (Na)	40 – 50	mg
Energi	60 – 65	kcal
pH	6,5 – 6,7	–

(Sudarwanto, 2012)

Susu yang masih dalam kelenjar susu dapat dikatakan steril, namun susu memiliki sifat yang lebih mudah rusak kualitasnya dikarenakan kontaminasi sumber pencemar baik fisik, kimia dan bakteriologis setelah keluar dari ambing. Hal ini

disebabkan oleh banyaknya kandungan gizi pada susu yang menjadi tempat berkembang biak yang baik untuk mikroorganisme dan dapat membahayakan manusia yang mengonsumsi susu tersebut (Hermawan, dkk., 2020). Sehingga penanganan susu harus tepat dan cepat.

Endapan pada susu umumnya berasal dari protein kasein yang mengalami denaturasi dan kehilangan kelarutannya akibat perubahan pH menuju titik isoelektrik atau akibat perlakuan panas, sehingga kasein membentuk agregat yang mengendap (Winarno, 2004).

Berdasarkan sumbernya, susu dikategorikan menjadi dua jenis yaitu susu hewani dan susu nabati. Susu hewani mengandung laktosa atau gula susu yang merupakan komponen gula penting. Kegunaannya dapat membantu asimilasi kalsium dan fosfor sehingga membentuk tulang dan gizi yang lebih baik dalam tubuh (Muchtadi, 2011),

Susu sapi merupakan sekresi puting sapi yang bernilai gizi yang sempurna serta merupakan sumber asam amino terbaik yang berasal dari hewan (Hasria, dkk., 2019). Kandungan gizi yang ada pada susu sapi yaitu: Protein, Kalsium, Vitamin A, Vitamin B, Vitamin D, asam amino, kalori, lemak, fosfor, iodium, seng, zat besi, tembaga, magnesium, vitamin E dan Tiamin (Putri, 2016). Selain nilai gizi yang tinggi, susu sapi sangat bermanfaat untuk kesehatan yaitu: mencegah penyakit jantung dan gangguan pembuluh darah, penyakit gondok, meringankan kerja cerebrum, baik untuk penderita

anemia, menjaga kesehatan kulit, menjadikan rileks dan tenang (Vanga & Raghavan, 2018), membantu pertumbuhan gigi dan tulang. memelihara kesehatan, mempercepat penyembuhan, menajamkan penglihatan, sebagai penetralisir zat, mencegah osteoporosis (Sobhanardakani, 2018), sebagai energi cadangan, mengurangi risiko diabetes tipe 2, menghambat pertumbuhan kanker usus besar, serta menurunkan risiko kanker payudara pada wanita (Sozańska, 2019).

Menurut Dirjen Peternakan No. 17 Tahun 1983, dijelaskan bahwa definisi susu adalah susu sapi yang meliputi susu segar, susu murni, susu pasteurisasi, dan susu sterilisasi. Susu segar adalah susu murni yang tidak mengalami proses pemanasan. Susu segar merupakan jenis susu yang didapat dari hewan ternak perah. Contohnya adalah sapi, kambing, domba, kuda, dan kerbau yang dalam keadaan sehat. Susu segar adalah susu murni, susu yang belum tercampur air, antibiotik, dan bahan tambahan pangan lainnya sehingga belum terjadi perubahan bau, warna, dan kekentalan. Susu segar memiliki asam lemak yang masih bagus sebab belum dilakukan pengolahan (Suryandari, 2021).

2.2 Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Daun kelor mengandung berbagai zat gizi penting, seperti protein, kalsium, zat besi, vitamin A, C, dan E. Menurut (Gopalakrishnan et al., 2016) daun kelor mengandung lebih banyak kalsium dibandingkan susu dan memiliki kandungan vitamin A lebih tinggi daripada wortel. Selain itu, daun ini juga memiliki senyawa antioksidan yang tinggi seperti flavonoid dan polifenol yang berfungsi melawan radikal

bebas. Potensi ini menjadikan kelor sebagai bahan ideal untuk dikembangkan menjadi pangan fungsional.



Gambar.1 Daun Kelor

Daun kelor menjadi sumber antioksidan alami yang baik karena kandungan dari berbagai jenis senyawa antioksidan seperti asam askorbat, flavonoid, phenolic dan karotenoid (Anwar et al, 2007). Tingginya konsentrasi asam askorbat, zat estrogen dan β -sitosterol, besi, kalsium, fosfor, tembaga, vitamin A, B dan C, a-tokoferol, riboflavin, nikotinik, asam folat, piridoksin, β -karoten, protein, dan khususnya asam amino esensial seperti metionin, sistin, triptofan dan lisin yang terdapat dalam daun dan polong, membuatnya menjadi suplemen makanan yang hampir ideal (Makkar dan Becker, 1996).

Broin (2010) menyatakan bahwa 100 gram daun kelor segar mengandung kalsium 350-550 mg dan tepung daun kelor mengandung 1600-2200 mg kalsium/100 gram tepung. Penggunaan tepung daun kelor dapat ditambahkan dalam makanan dan minuman untuk meningkatkan kandungan vitamin, mineral dan protein.

Penelitian lain menyatakan bahwa hasil perbandingan daun kelor dengan bahan pangan lain dalam jumlah yang sama, menunjukkan bahwa daun kelor mengandung

vitamin C setara tujuh jeruk, vitamin A setara empat wortel, kalsium setara empat gelas susu, potassium setara tiga pisang, dan protein setara dua yoghurt (Mahmood, 2011). Daun kelor juga mengandung zat besi lebih tinggi daripada sayuran lainnya yaitu sebesar 17,2 mg/100 g (Yameogo et al., 2011).

Menurut Akbar (2018), daun kelor yang siap dipanen yaitu daun berusia 35 hari dari periode panen daun sebelumnya. Daun kelor yang dapat dipanen memiliki kriteria yaitu tangkai daun sudah memiliki sudut tangkai daun antara 45°-90°, sudah muncul sedikit bakal daun di ketiak daunnya dan daun berwarna hijau tua. Panen kelor dengan teknik pangkas cabang lebih cocok digunakan untuk tujuan produksi pakan. Kelor yang dipanen dengan teknik petik daun lebih cocok digunakan untuk tujuan produksi pangan.

Berdasarkan penelitian Siddhuraju dan Becker (2003) bahwa daun kelor mengandung fenol dalam jumlah yang banyak yang dikenal sebagai penangkal senyawa radikal bebas. Kandungan fenol dalam daun kelor segar sebesar 3,40% sedangkan pada daun kelor yang telah diekstrak sebesar 1,60%.

Daun kelor merupakan salah satu bagian dari tanaman kelor yang telah banyak diteliti kandungan gizi dan kegunaannya. Daun kelor sangat kaya akan nutrisi, diantaranya kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B dan vitamin C (Gopalakrishnan et al., 2016).

Tabel 2. Komposisi kimia daun kelor (per 100 g daun)

Unsur	Daun Segar	Daun Kering
Protein	6,80 g	27,10 g
Lemak	1,70 g	2,30 g
β -karoten (Vit. A)	6,78 mg	18,90 mg
Thiamin (B1)	0,06 mg	2,94 mg
Riboflavin (B2)	0,05 mg	20,50 mg
Niasin (B3)	0,80 mg	8,20 mg
Vitamin C	220 mg	17,30 mg
Kalsium	440 mg	2003 mg
Kalori	92 kkal	205 kkal
Karbohidrat	12,50 g	38,20 g
Tembaga	0,07 mg	0,57 mg
Serat	0,90 g	19,20 g
Zat Besi	0,85 mg	28,20 mg
Magnesium	42 mg	368 mg
Fosfor	70 mg	204 mg
Flavonoid	-	573 mg
Quercetin	-	3,77 mg
Air	59,30%	31,00%

(Sumber: Fuglie, 2001)

Dalam pengolahan sari daun kelor, proses ekstraksi air sering digunakan karena metode ini sederhana dan mampu mempertahankan sebagian besar komponen gizi yang larut dalam air, terutama vitamin dan senyawa fenolik. Namun, suhu ekstraksi perlu dikontrol karena paparan panas yang tinggi dapat menurunkan kadar vitamin C dan polifenol (Olugbemi et al., 2010).

Sari daun kelor memiliki karakteristik sensori khas yaitu warna hijau pekat dan rasa sedikit getir akibat kandungan senyawa tanin dan alkaloid. Oleh karena itu, dalam pengembangan produk, perlu adanya penambahan bahan lain seperti pemanis alami atau bahan penetral rasa untuk meningkatkan penerimaan konsumen (Kasolo et al., 2010).

Dari sisi fungsional, konsumsi sari daun kelor terbukti dapat meningkatkan kadar hemoglobin dan status gizi mikro terutama pada ibu hamil dan anak-anak (Gopalakrishnan et al., 2016). Hal ini karena daun kelor mengandung zat besi dalam jumlah tinggi.

Penelitian lain menunjukkan bahwa sari daun kelor juga memiliki efek antimikroba terhadap berbagai jenis bakteri patogen seperti *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella typhi* (Jahan et al., 2022). Efek ini memperkuat potensi daun kelor sebagai bahan dasar minuman fungsional alami yang tidak hanya menutrisi tetapi juga melindungi tubuh dari infeksi mikroba.

Secara keseluruhan, sari daun kelor dapat dijadikan sebagai produk minuman fungsional yang bernilai gizi tinggi serta berpotensi sebagai sumber antioksidan alami. Dengan formulasi dan proses pengolahan yang tepat, sari daun kelor dapat menjadi alternatif minuman sehat yang mendukung ketahanan pangan dan peningkatan status gizi masyarakat (Leone et al., 2015).

Hasil uji aktivitas antioksidan ekstrak air daun kelor dengan metode DPPH menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 87,54 ppm yang tergolong pada kategori aktivitas antioksidan sedang, dengan kandungan metabolit sekunder berupa flavonoid, tanin, saponin, dan alkaloid yang berperan dalam aktivitas tersebut (Muna, 2022). Endapan yang terbentuk pada ekstrak daun kelor umumnya berasal dari serat dan partikel jaringan daun yang tidak larut serta tidak sepenuhnya terpisah pada proses filtrasi, dan dipengaruhi pula oleh kandungan senyawa koloid seperti pektin yang meningkatkan viskositas dan kekeruhan ekstrak (Winarno, 2004).

2.3 Ekstrak Buah Kurma (*Phoenix dactylifera*)

Kurma (*Phoenix dactylifera* L.) merupakan buah dari tanaman yang berasal dari keluarga *Arecaceae* dimana buah ini memiliki biji dengan satu lembaga (monokotil). Tanaman ini berasal dari dataran Palestina, Mesopotamia, atau sekitar daerah Afrika, Asia Tengah, Mesir, dan sekitarnya. Buah kurma mempunyai karakteristik yang sangat bervariasi, yaitu berat 2-60 gram, panjang 3-7 cm, konsistensi buah lunak sampai

kering, memiliki warna kuning kecoklatan bervariasi dan berbiji. (Siddiq & Greiby, 2014).

Dilihat dari manfaatnya, dalam buah kurma terdapat 0,20–0,50% lemak, karbohidrat 44,00–88,00% total gula dan protein 2,30–5,60%. Selain itu, serat dan vitamin kurma cukup tinggi sebesar 6,4–11,5%. Kandungan minyak buah kurma berkisar 0,20–0,50% (Al-Shahib dan Marshall, 2003).

Kurma mampu mengatasi pembekuan darah sebab dalam buah kurma terkandung zat asam salisilat. Kalium pada kurma dapat menjadi penstabil denyut jantung, mengatur tekanan darah, baik untuk kesehatan jantung dan pembuluh darah serta dapat mengaktifkan kontraksi otot jantung. Dapat mencegah sembelit dan melancarkan BAB karena serat pada kurma cukup tinggi. Kandungan Ca, Mg dan P baik untuk kesehatan gigi serta pertumbuhan tulang (Satuhu, 2010).

Terdapatnya P, K dan mineral Ca membantu reaksi kimia sel pada manusia. Fe penting untuk produksi sel darah merah, Ca dan Mg penting bagi energi dalam reaksi kimia. Tingginya kadar Na dan rendahnya K membuat kurma baik dikonsumsi bagi penderita hipertensi (Satuhu, 2010).

Dalam kurma juga ada gizi selain karbohidrat seperti protein dan lemak. Kedua gizi tersebut terdapat hanya sedikit saja pada daging buah kurma. Serat dan vitamin merupakan keunggulan dari kurma. Terdapat beberapa jenis vitamin pada kurma

seperti vitamin A, B1 Thiamin, vitamin C (0,00-0,02%), B2 Riboflavin dan asam nikotinat.

Tabel 3. Kandungan zat gizi kurma per 100 gram

Komponen	Kandungan
Jumlah lemak (g)	0,4
Lemak jenuh (g)	0
Kolesterol (g)	0
Natrium (mg)	2
Kalium (mg)	656
Jumlah Karbohidrat (g)	75
Serat Pangan (g)	8
Gula (g)	63
Protein (g)	2,5
Vitamin C (mg)	0,4
Zat besi (mg)	1
Vitamin B6 (mg)	0,2
Magnesium (mg)	43
Kalsium (mg)	39
Vitamin D (IU)	0
Vitamin B12 (µg)	0
Kalori (kcal)	281

Sumber: United States Department of Agriculture (2019)

Kadar gula total pada kurma sukari yaitu $78,5 \pm 0,1$ g/100g berat kering. Pada 100 g berat kering daging kurma sukari mengandung glukosa 52,3g, fruktosa 48,2 g, sukrosa 3,2 g (Assirey, 2015). Jika dibandingkan dengan varietas lain seperti labbah, burni, safway, dan mabroom, kurma sukari memiliki kandungan gula lebih tinggi. Meskipun demikian, index glikemik (IG) pada buah kurma tergolong rendah sehingga baik dan aman untuk dikonsumsi (Assirey, 2015).



Gambar.2 Buah Kurma

Sari kurma (*Phoenix dactylifera*) memiliki berbagai macam kandungan nutrisi dan dapat berfungsi sebagai obat, buah kurma merupakan makanan yang mengandung energi tinggi dengan komposisi ideal, didalamnya memiliki kandungan karbohidrat, triptofan, omega3, vitamin C, vitamin B6, Ca^{2+} , Zn, dan Mg (Irianto, 2014).

Menurut Vayalil (2012) sari kurma merupakan alternatif pangan penyedia energi instan, kandungan glukosa sebesar 67,97 g/100 g (68,00%), kandungan glukosa yang tinggi pada sari kurma tersebut setara dengan kebanyakan glukosa pada sirup sekitar 60,00-80,00% dan memiliki antioksidan sebesar 752,9 ugAAE/g. Buah kurma diketahui mengandung sekitar 79,00% karbohidrat yang terdiri dari glukosa, fruktosa dan sukrosa masing-masing yaitu 13,70 g; 12,60 g dan 52,70 g per 100 g berat kering.

Antioksidan banyak ditemukan di dalam tumbuhan, salah satu tumbuhan yang banyak mengandung antioksidan yaitu buah kurma (Primurdia dan Kusnadi, 2014). Perbedaan angka kadar gula dan karbohidrat kurma antarsumber tersebut wajar terjadi karena perbedaan varietas, tingkat kematangan buah, serta dasar perhitungan yang digunakan (berat basah atau berat kering). Senyawa yang berperan sebagai antioksidan didalam sari kurma adalah karoten, flavonoid dan asam fenolik (Al-Farsi et al., 2005).

Kurma jenis “sukkari” mengandung gula sebanyak 78,32% (berat kering). Gula yang terkandung dalam kurma “sukkari” adalah glukosa (51,80%), fruktosa (47,50%), sedangkan kandungan kalium dalam buah kurma membuat denyut nadi menjadi semakin teratur dan otot-otot menjadi kontraksi sehingga menstabilkan tekanan darah. Salisilat dapat menurunkan resiko terbentuknya pembekuan darah (thrombosis) karena bersifat antiplatelet. Kandungan glukosa yang tinggi juga bermanfaat bagi kebutuhan tenaga saat mengedan, sedangkan serotonin dan tannin membantu kontraksi otot polos rahim serta memperpendek waktu perdarahan. mengandung oleat dan linoleate yang berkontribusi untuk penyediaan prostaglandin yang berfungsi untuk memperkuat dan meregangkan otot-otot rahim, kurma juga mengandung oksitosin yang dapat membuat kontraksi tentunya menjadi lebih efektif dan jenis kurma ini mudah didapatkan dalam pasaran (Indriati, 2024).

Dalam 100 gr Kurma Sukkari mengandung energi sebanyak 342 kkal, protein 3 gr, lemak 0,65 gr, karbohidrat 78,32 gr, kalsium 186,55 mg dan fosfor 26,50 mg.7 (Savira, 2024). Menurut data diatas kurma termasuk ke dalam sumber makanan yang

tinggi akan kandungan Kalsium, sehingga cocok untuk dijadikan sebagai pangan tambahan yang berguna untuk memperkaya kandungan Kalsium yang ada disusu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional .

Endapan pada ekstrak buah kurma terutama berasal dari residu serat pangan daging buah yang tidak larut sempurna dalam air pada proses ekstraksi, mengingat kandungan serat pangan kurma tergolong tinggi yaitu sekitar 8 g per 100 g (USDA, 2019), sehingga sebagian serat akan tertinggal sebagai partikel tidak larut meskipun telah melalui tahap filtrasi.

2.4 *Carboxymethyl Cellulose (CMC)*

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah turunan dari selulosa gum, dibuat dengan mereaksikan selulosa basa dengan Na-monokloroasetat. Terdapat sebagai bubuk atau granula berwarna putih sampai krem. Bubuknya bersifat higroskopis. Viskositas CMC dipengaruhi oleh suhu dan pH. Pada pH<5, viskositas CMC menurun dan pada pH 5-11 viskositasnya stabil, mudah terdispersi di dalam air sampai terbentuk larutan koloid. Tidak larut dalam banyak pelarut organik. Berfungsi sebagai pengental, mengurangi rasa asam sitrat, rasa pahit kafein ataupun rasa manis sukrosa. Sebaliknya akan meningkatkan rasa asin NaCl dan rasa manis sakarin (Winarno, 2004).

Peran CMC sebagai pengemulsi digunakan untuk memperbaiki tekstur dari produk berkadar gula tinggi, Sedangkan peran CMC sebagai pengental untuk mengikat

air sehingga molekul-molekul air terperangkap dalam struktur gel yang dibentuk oleh CMC (Imeson, 2010). Sebagai zat pengemulsi yang hidrofilik CMC mampu mengikat air sehingga tidak memiliki endapan, CMC juga berperan sebagai penjernih pada larutan, misalnya CMC yang ditambahkan pada minuman madu maka dari itu hasilnya akan memiliki warna yang lebih cerah (Anggraini dkk., 2017).

Gugus polar dari CMC didalam larutan akan mengikat molekul air lainnya dengan ikatan *hydrogen*. Molekul air yang terikat pada CMC ini terimobilisasi dalam struktur geometri dari molekul CMC. Penyebab terikatnya molekul-molekul air pada CMC diakibatkan oleh pembentukan gel atau ikatan silang dan tenaga elektrostatis antar rantai, Tekstur atau struktur larutan dipengaruhi dengan jalan membatasi gerakan molekul air. Kenaikan kekentalan larutan CMC tidak berbanding langsung dengan kenaikan konsentrasinya, sebab pada konsentrasi rendah molekul CMC dapat dengan sempurna mengikat air disekelilingnya. Kekentalan larutan CMC dapat mencapai sekitar 3.000 cps pada konsentrasi larutan 2,00% (Imeson, 2010)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) sering dipakai dalam industri makanan untuk mendapatkan tekstur yang baik. Misalkan pada pembuatan es krim, pemakaian CMC akan memperbaiki tekstur dan kristal laktosa yang terbentuk akan lebih halus, CMC juga sering dipakai dalam pembuatan makanan untuk mencegah terjadinya retrogradasi. CMC memiliki gugus karboksil, maka viskositasnya dipengaruhi oleh pH larutan, pH optimum adalah 5 dan apabila pH terlalu rendah (<3) maka CMC akan mengendap (Winarno, 2004).

2.5 Pasteurisasi

Prinsip kerja pasteurisasi adalah perlakuan panas yang diberikan pada bahan baku dengan suhu dibawah titik didih. Teknik ini digunakan untuk mengawetkan bahan pangan yang tidak tahan suhu tinggi, misalnya susu. Pasteurisasi tidak mematikan semua mikroorganisme, tetapi hanya yang bersifat patogen dan tidak membentuk spora. Oleh sebab itu, pasteurisasi ini sering diikuti dengan teknik lain, misalnya pendinginan atau pemberian gula dengan konsentrasi tinggi. Produk hasil pasteurisasi bisa disimpan pada suhu kamar, hanya bertahan 1 sampai 2 hari, sedang jika disimpan pada suhu rendah (5–6°C) dapat bertahan hingga sekitar 14 hari. Menurut Sholikhah (2021) Pasteurisasi memiliki beberapa tujuan, yaitu:

- a. Untuk membunuh bakteri patogen
- b. Untuk memperpanjang daya simpan bahan atau produk
- c. Dapat menimbulkan cita rasa yang lebih baik pada produk
- d. Pada susu proses ini, dapat menonaktifkan enzim fosfatase dan katalase yaitu enzim yang membuat susu cepat rusak.

Metode pasteurisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Low Temperature Long Time* (LTLT), yaitu pemanasan pada suhu 63–65°C selama 30 menit. Metode LTLT dipilih karena menggunakan suhu relatif rendah sehingga lebih mampu mempertahankan komponen nutrisi dan senyawa bioaktif dibandingkan metode pasteurisasi suhu tinggi, khususnya pada produk susu fungsional yang

mengandung bahan tambahan sensitif terhadap panas (Winarno, 2004; SNI 3951:2018).



Gambar 3. Pasteurizer Milk Sterilizer

Perlakuan panas LTLT dapat memengaruhi stabilitas senyawa fungsional seperti antioksidan, protein, dan vitamin. Senyawa antioksidan utama dalam daun kelor, seperti flavonoid dan senyawa fenolik, dilaporkan relatif stabil pada pemanasan sedang di bawah 70°C, sehingga proses LTLT masih mampu mempertahankan sebagian besar aktivitas antioksidan tersebut (Suryani & Hidayat, 2022).

Protein susu selama proses pasteurisasi LTLT umumnya tidak mengalami kerusakan struktural yang signifikan. Pemanasan pada suhu LTLT hanya menyebabkan denaturasi parsial protein whey, yang dalam batas tertentu masih dapat diterima dan tidak menurunkan nilai gizi protein secara keseluruhan (Winarno, 2004)

2.6 Design-Expert

Salah satu *software* dapat digunakan dalam penentuan formulasi secara optimal yaitu *Design-Expert*. *Design-Expert* digunakan untuk optimal proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon

tersebut. *Design-Expert* merupakan sebuah program digunakan untuk optimasi produk atau proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut (Bas dan Boyaci, 2007).

Menurut Faaza (2020), teknik desain campuran (*Mixture Design Techniques*) dalam program *Design-Expert* digunakan untuk menentukan formulasi yang optimal. Dalam percobaan *Mixture Design*, Faktor-faktor independen memiliki proporsi komponen yang berbeda dari suatu campuran. Metode *D-Optimal* dalam *Mixture Design* digunakan dalam konsentrasi variabel berubah yang berbeda. Metode *D-Optimal* merupakan pilihan desain dari *Mixture* yang bersifat fleksibel.

Menurut Faaza (2020), desain *Mixture D-Optimal* digunakan untuk desain campuran. Prinsip kerjanya serupa dengan *Response Surface Method* (RSM), hanya saja pada rancangan campuran seluruh komponen terikat pada jumlah total yang tetap sehingga proporsi antar komponen tidak dapat diubah secara bebas. Titik desain yang dipilih untuk meminimalkan varian terkait dengan perkiraan koefisien dalam model yang ditentukan. Ruang design didefinisikan oleh kendala tingkat rendah dan tinggi pada setiap faktor dan kendala multifaktor yang merupakan rancangan untuk menentukan kombinasi variabel berubah dengan mengabaikan variabel tetap. Kisaran variabel berubah dimasukan ke rancangan *Mixture Design D-Optimal* pada program *Design-Expert 13*.

Menurut Faaza (2020), analisis ragam dan penyusunan model matematika dilanjutkan dengan tahap optimasi respon. Respon ditargetkan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Masing-masing respon diberikan bobot *Importance* yang dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++) bergantung pada kriteria yang diinginkan, semakin tinggi tanda positif yang diberikan menunjukkan tingkat kepentingan variabel respon yang semakin tinggi.

Program *Design-Expert* 13 memberi saran solusi formula optimum dengan nilai *desirability* yang berkisar antara 0-1. Semakin tinggi nilai *desirability* menunjukkan semakin tingginya kesesuaian formula yang diperoleh. Formula optimum dipilih berdasarkan nilai *desirability* tertinggi dan dilanjutkan ke tahapan verifikasi formula terpilih (Faaza, 2020).

Teknik desain campuran memiliki dua persyaratan, yaitu:

1. Komponen dalam formula merupakan bagian dari total formulasi. Jika persentasi salah satu komponen naik, maka persentasi komponen lain turun Sebagai penambahan semua komponen yang digunakan memiliki jumlah yang tetap.
2. Respon harus merupakan fungsi dari proporsi komponen-komponennya. Respon yang digunakan harus dipengaruhi oleh proporsi komponen yang dicampurkan.

Menurut Faaza (2020), program *Design-Expert* metode *Mixture D-Optimal* untuk membantu mengoptimalkan formulasi bahan baku dari suatu produk ataupun

proses pengolahan. *Software* ini menyediakan beberapa desain yang sangat efisien yang diperuntukan :

1. *Factorial Design*, digunakan untuk mengidentifikasi faktor penting yang mempengaruhi proses atau produk, sehingga dapat dilakukan perbaikan yang memberikan peningkatan.
2. *Response Surface (RSM)*, digunakan untuk pengaturan proses yang ideal serta mencapai kinerja optimal.
3. Teknik desain campuran (*Mixture*), digunakan untuk menentukan formulasi optimal dari produk
4. Gabungan desain (*Combines*), digunakan untuk campuran antara variabel proses, komponen campuran, serta faktor kategoris dalam satu desain

Menurut Faaza (2020), kelebihan dari *Design-Expert* metode *D-Optimal* yaitu memiliki ketelitian secara numerik mencapai 0,001 dalam menentukan model matematik yang cocok untuk optimasi. Program ini akan memberikan saran berdasarkan nilai F dan R^2 terbaik dari data respon yang telah diukur dan dimasukkan ke rancangan, penentuan formulasi optimal berdasarkan respon kemudian saat optimasi akan muncul formulasi solusi yang telah dirangkum oleh program berdasarkan kesimpulan hasil respon, dugaan formulasi ditentukan oleh program, Program ini menyediakan fitur yang lengkap seperti *anova*, *fit summary*, evaluasi model, dan lainnya sehingga tidak memakan waktu yang lama dalam mengolah data.

Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Mixture Design* dengan pendekatan *D-Optimal* yang dianalisis menggunakan perangkat lunak *Design-Expert*. *Mixture Design* digunakan ketika faktor-faktor yang diteliti merupakan komponen campuran, di mana total proporsinya selalu konstan dan perubahan satu komponen akan memengaruhi komponen lainnya. Pendekatan *D-Optimal* dipilih karena mampu menghasilkan rancangan percobaan yang efisien dengan jumlah percobaan yang minimal, namun tetap memberikan informasi statistik yang memadai untuk membangun model matematis yang representatif. Metode ini sangat sesuai digunakan pada penelitian formulasi produk, terutama ketika rentang komposisi bahan dibatasi oleh pertimbangan teknis maupun sensoris.

Model matematis yang dihasilkan dari desain *Mixture D-Optimal* digunakan untuk menggambarkan hubungan antara proporsi masing-masing komponen campuran terhadap respon yang diamati. Model ini dievaluasi berdasarkan signifikansi statistiknya, di mana model yang baik ditunjukkan oleh nilai *p-value* yang lebih kecil dari 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi respon dipengaruhi secara nyata oleh perubahan komposisi campuran. Selain itu, kesesuaian model terhadap data eksperimen diuji melalui uji *lack of fit*. Model dikatakan layak digunakan apabila nilai *Lack of Fit* tidak signifikan ($p\text{-value} > 0,05$), yang menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai prediksi model dan data aktual masih berada dalam batas kesalahan eksperimen dan model mampu merepresentasikan sistem secara memadai (Stat-Ease Inc, 2023).

Kualitas model juga dinilai menggunakan koefisien determinasi (R^2), yang menunjukkan proporsi variasi respon yang dapat dijelaskan oleh model. Nilai R^2 yang mendekati satu menandakan kemampuan prediksi model yang baik. Namun demikian, untuk menghindari bias akibat jumlah variabel dalam model, digunakan nilai *Adjusted R^2* sebagai parameter pendukung. Nilai *Adjusted R^2* yang mendekati nilai R^2 menunjukkan bahwa model yang dibangun tidak mengalami *overfitting* dan memiliki kemampuan prediksi yang lebih reliabel (Stat-Ease Inc, 2023).

Proses optimasi dilakukan menggunakan pendekatan fungsi *desirability*, di mana setiap respon diubah ke dalam skala *desirability* dengan rentang nilai antara 0 hingga 1. Nilai *desirability* mendekati 1 menunjukkan kondisi respon yang semakin sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Optimasi multi-respon dilakukan dengan mencari kombinasi komposisi campuran yang menghasilkan nilai *desirability* total tertinggi, sehingga diperoleh formulasi optimum yang mampu memenuhi seluruh kriteria respon secara simultan. Pendekatan ini memungkinkan penentuan kondisi optimum yang lebih objektif dan komprehensif dibandingkan optimasi satu respon saja (Stat-Ease Inc, 2023).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai: 3.1 Bahan dan Alat, 3.2 Metode Penelitian, dan 3.3 Prosedur Penelitian

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan-Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma sukkari dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional yaitu susu sapi segar, daun kelor kering, dan buah kurma sukkari sebagai bahan baku utama dan bahan penunjang yaitu *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) sebagai penstabil dan air sebagai pelarut.

Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis adalah H_2SO_4 pekat, katalisator (campuran $\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{HgO}$ atau Se), NaOH 40,00-45,00%, Aquades, indikator metil merah-*methylene blue*, Petroleum eter atau n-heksana (pelarut), DPPH 0,1 mM dalam metanol, *trolox/ascorbic acid* standar, metanol/etil asetat sebagai pelarut ekstrak, *Media Plate Count Agar (PCA)*, NaCl 0,85%, buffer fosfat, pepton air,

3.1.2 Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman

fungsional adalah *Chopper*, Neraca Digital, *Magnetic Stirrer*, Kain Waring, gelas ukur, dan termometer digital, Pasteurizer.

Alat-alat yang digunakan untuk Analisis adalah timbangan analitik, Tabung distilasi Kjeldahl, alat pemanas (*heater mantle*), kondensor, gelas ukur, pipet Ekstraktor Soxhlet lengkap (timba, kondensor, labu timbang), waterbath/heater, timbangan analitik (0,0001g), oven pengering, desikator, Cawan timbang (porcelain/metal), oven pengering (105°C), desikator, timbangan analitik, pengering vakum (opsional), Cawan *platinum/porcelain* tahan panas, *muffle furnace* (500-600°C), desikator, timbangan analitik, pengering oven, Spektrofotometer UV-Vis (λ 517 nm), gelas ukur, pipet mikropipet, inkubator gelap, vortex mixer, Inkubator (30-35°C), pengencer serial (tabung), pipet steril, pengocok *vortex*, *autoclave*. Tabung sentrifugasi ukur (100-1000 mL), sentrifugal (2000-3000 rpm), pengaduk, timbangan, oven pengering.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari rancangan penelitian, rancangan respon dan rancangan analisis.

3.2.1 Rancangan Penelitian

3.2.1.1 Formulasi dengan *Design-Expert Mixture D-Optimal*

Formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional menggunakan

perangkat lunak *Design-Expert* versi 13 dengan rancangan *Mixture Design D-Optimal*, Rancangan ini digunakan untuk menentukan kombinasi optimum antara komponen bahan yang berpengaruh terhadap respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik dengan jumlah percobaan yang efisien.

Tabel 4. Variabel tetap dalam pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1.	Susu Sapi	75
Total		75
Variabel Berubah		25
Total Keseluruhan		100

Dalam penelitian ini, susu sapi digunakan sebagai variabel tetap, sedangkan ekstrak daun kelor (X_1), ekstrak buah kurma (X_2), dan CMC (X_3) digunakan sebagai variabel berubah. Pemilihan ketiga bahan tersebut didasarkan pada potensi fungsionalnya, di mana daun kelor berperan sebagai sumber antioksidan dan protein nabati, buah kurma sebagai sumber gula alami dan senyawa bioaktif, serta CMC sebagai penstabil untuk menjaga kestabilan fisik produk selama penyimpanan. Penentuan batas atas dan batas bawah untuk setiap variabel dilakukan berdasarkan hasil penelitian terdahulu dan uji pendahuluan terhadap kestabilan fisik serta penerimaan sensoris produk. Batasan konsentrasi masing-masing bahan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Batas atas dan batas bawah variabel formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

Komponen	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
Ekstrak daun kelor	3	7
Ekstrak buah kurma	17	22
CMC	0	1

Sumber : (Aderinola, 2018, Sabil, S., dkk. 2023, Jamaludin, 2024)

Rancangan *D-Optimal* menghasilkan sejumlah kombinasi perlakuan (*run*) yang mewakili seluruh ruang formulasi campuran sesuai batas yang telah ditentukan. Hasil dari kombinasi tersebut akan digunakan untuk pengujian karakteristik kimia, fisik, organoleptik serta mikrobiologi guna menentukan formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional terbaik.

3.2.2 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian ini meliputi respon kimia, respon fisik, respon mikrobiologi serta respon organoleptik.

3.2.2.1 Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan adalah penentuan Kadar Protein dengan metode Kjeldahl (SNI 01-2891-1992), Kadar Lemak dengan metode Soxhlet (SNI 01-2891-

1992), Kadar Gula Total dengan metode Luff Schoorl (SNI 01-2891-1992), Aktivitas Antioksidan (IC_{50}) dengan metode DPPH (Molyneux, 2004)

3.2.2.2 Respon Fisik

Respon fisik yang dilakukan adalah Uji *Sludge volume* dengan metode Sentrifugasi (Sudarmadji, 2010)

3.2.2.3 Respon Mikrobiologi

Respon mikrobiologi yang dilakukan yaitu jumlah total mikroba menggunakan metode *Total Plate Count (TPC)*. (SNI 2897:2008)

3.2.2.4 Respon Organoleptik

Respon Organoleptik yang dilakukan dilihat dari rasa, warna, aroma, tekstur dan *Aftertaste* menggunakan uji hedonik dengan 30 panelis (Soekarto, 2002)

Tabel 6. Kriteria uji skala hedonik

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat Suka	6
Suka	5
Agak Suka	4
Agak Tidak Suka	3
Tidak Suka	2
Sangat Tidak Suka	1

Sumber : (Soekarto, 2002)

3.2.3 Rancangan Analisis

Persamaan pada program *D-Optimal* didapatkan dari tiga proses yaitu berdasarkan *sequential model sum of squares [Type I]* untuk model yang memiliki

nilai " $Prob < F$ " lebih kecil atau sama dengan 0,05 (*significant*), *Lack of Fit test* untuk model yang mempunyai nilai " $Prob > F$ " lebih besar atau sama dengan 0,05 (*not significant*), dan *model summary statistic*. Model terbaik dapat ditentukan dengan parameter *adjusted R-Squared* dan *Predicted R-Squared* maksimum. Program *Design-Expert* menggunakan kolom *summary* untuk memilih model terbaik (Stat-Ease Inc, 2023).

Formula paling optimal adalah formula dengan nilai *desirability* maksimum. Nilai *desirability* merupakan nilai fungsi tujuan optimasi yang menunjukkan kemampuan program untuk memenuhi keinginan berdasarkan kemampuan kriteria yang ditetapkan pada produk akhir. Kisaran nilainya dari 0 sampai 1,0. Nilai *desirability* yang semakin mendekati nilai 1,0 menunjukkan kemampuan program untuk menghasilkan produk yang dikehendaki semakin sempurna (Nurmiah, et al., 2013).

Kesesuaian antara hasil aktual dengan hasil yang diprediksikan pada program *Design-Expert* dapat dilihat melalui grafik plot kenormalan *Internally Studentized Residual*. Plot kenormalan *Internally Studentized Residual* adalah besarnya standar deviasi yang memisahkan nilai respon aktual dengan yang diprediksikan (Hidayat et al., 2021). Plot kenormalan mengindikasikan residual (perbedaan antara nilai respon aktual yang diprediksikan) mengikuti garis kenormalan (garis lurus). Semakin mendekati suatu titik-titik (data) dengan garis kenormalan maka akan semakin baik,

karena titik-titik (data) tersebut menyebar normal, yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksikan program *Design-Expert* (Hidayat et al., 2021).

Selain program plot kenormalan, program *Design-Expert* juga dapat menyelesaikan persamaan polinomial dimana persamaan tersebut dapat ditampilkan dalam suatu *contour plot* yang berupa gambar dua dimensi (2-D) maupun grafik tiga dimensi (3-D) sehingga dapat menggambarkan bagaimana kombinasi antar komponen saling mempengaruhi nilai respon (Stat-Ease Inc, 2023).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Penelitian Tahap Pertama : Penentuan Formulasi menggunakan *Design-Expert* metode *D-Optimal*

Prosedur penelitian Tahap pertama yaitu menggunakan *Design-Expert* metode *D-Optimal* yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Bahan baku yang ditambahkan merupakan variabel berubah pada *Mixture component* yaitu ekstra daun kelor, ekstra buah kurma dan CMC yang terpilih dengan jumlah total variabel berubah 25% dari bahan keseluruhan yang dilihat dari sisa variabel tetap.
- b. Masukan batasan atas serta batasan bawah untuk penggunaan bahan baku (variabel berubah) berupa Ekstrak daun kelor, Ekstrak Buah Kurma dan CMC pada kolom *low* dan *high*.

Optimal (Custom) Design

A flexible design structure to accommodate custom models, categoric factors, and irregular (constrained) regions. Runs are determined by a selection criterion chosen during the build.

Mixture components: (2 to 24) Total: ☒ Horizontal
 Units: ☐ Vertical

	Name	Low	High
A [Mixture]	Ekstrak Daun Kelor	3	7
B [Mixture]	Ekstrak Buah Kurma	17	22
C [Mixture]	CMC	0	1

[Edit constraints...](#)

Gambar 4. Batasan Bahan Baku Ekstrak Daun Kelor, Ekstrak Buah kurma dan CMC

Optimal (Custom) Design

Search: Optimality:

[Edit model...](#) Quadratic
 Scheffe

Blocks: (1 to 1000)

Runs

Required model points:
 Additional model points:
 Lack-of-fit points:
 Replicate points:
 Additional center points:
 Total runs: 16

Both Exchanges will try both **Point Exchange** and **Coordinate Exchange** searches of the design space. This could result in some unusual combinations of factors. If you require certain candidates or combinations of factors, switch to Point Exchange.

D-optimality produces a design that best estimates the effects of the factors, which is particularly suited for screening studies. The algorithm picks points that minimize the volume of the confidence ellipsoid for the coefficients (i.e. it minimizes the determinant of the $X'X$ inverse matrix).

[Edit candidate points...](#) [Options...](#)

Gambar 5. Laporan Input Data (Susu sapi pasteurisasi dengan tambahan Ekstrak daun kelor, Ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional)

- c. Masukkan Jumlah respon yang akan dianalisis dalam suatu unit yang dibutuhkan

Optimal (Custom) Design

Responses: (1 to 999) ☒ Horizontal ☐ Vertical

Name	Units
Kadar Karbohidrat	%
Kadar Protein	%
Kadar Lemak	%
Kadar Air	%
Kadar Abu	%
Kadar Antioksidan	%
Sludge Volume	%
Total Plate Count	CFU/ml
Aroma	Numerik
Rasa	Numerik
Warna	Numerik
Tekstur	Numerik
Aftertaste	Numerik

Gambar 6. Satuan Analisis Respon Kimia, Mikrobiologi dan Organoleptik

- d. Dari hasil data yang diuraikan langkah diatas, dihasilkan sebanyak 16 formulasi dengan 3 variabel berubah yaitu ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan CMC.

Run	Component 1 A:Ekstrak Da... %	Component 2 B:Ekstrak Bu... %	Component 3 C:CMC %	Response 1 Kadar Karbo... %	Response 2 Kadar Protein %	Response 3 Kadar Lemak %	Response 4 Kadar Air %	Response 5 Kadar Abu %	Response 6 Kadar Antiok... %	Response 7 Sludge Volu... RPM	Response 8 Total Plate C... CFU/ml	Response 9 Aroma Numerik	Response 10 Rasa Numerik	Response 11 Warna Numerik	Response 12 Tekstur Numerik	Response 13 Aftertaste Numerik
1	4	20.75	0.25													
2	5	19	1													
3	5	19.5	0.5													
4	3	21	1													
5	7	17.5	0.5													
6	7	18	0													
7	3	21	1													
8	3	21.5	0.5													
9	6	18.25	0.75													
10	7	17	1													
11	7	18	0													
12	5	20	0													
13	3	22	0													
14	7	17	1													
15	7	18	0													
16	3	22	0													

Gambar 7. Formulasi bahan baku dan Bahan Tambahan

- e. Hasil analisis respon kimia (Kadar Gula Total, Protein, Lemak dan IC_{50}), Respon Fisik, Respon Mikrobiologi, Organoleptik dengan atribut mutu Warna, Rasa, Aroma, Tekstur dan *Aftertaste* dimasukan pada kolom tabel kosong.

3.3.2 Penelitian Tahap Kedua : Pembuatan produk sesuai formula pada tahap pertama

Prosedur yang akan dilakukan pada pembuatan produk susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional terdiri dari:

1. Persiapan Bahan

Bahan-bahan utama terdiri dari susu sapi segar, daun kelor kering, buah kurma sukkari, sedangkan bahan penunjang yaitu *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan air.

2. Penghancuran

Kemudian daun kelor kering dilakukan penghancuran serta ekstraksi dengan penambahan air (1 : 10 b/v) dengan menggunakan *blender* sehingga dihasilkan *puree* daun kelor. Kurma kemudian dilakukan penghancuran dengan penambahan air (1 : 2 b/v) dengan menggunakan *blender* sehingga dihasilkan *puree* kurma.

3. Filtrasi

Puree kemudian dilakukan filtrasi dengan kain waring untuk memisahkan sari kurma dan juga sari kelor dari ampas nya, dengan menggunakan sarung tangan saat proses pemerasan.

4. Pencampuran

Bahan yang telah disiapkan dan juga telah melalui proses pendahuluan, dicampurkan dengan formulasi, campurkan susu dengan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) pada *magnetic stirrer* dengan kadar yang telah disiapkan sebelumnya.

5. Pasteurisasi

Kemudian susu fungsional dilakukan pasteurisasi metode LTLT dengan suhu 63°C selama 30 menit.

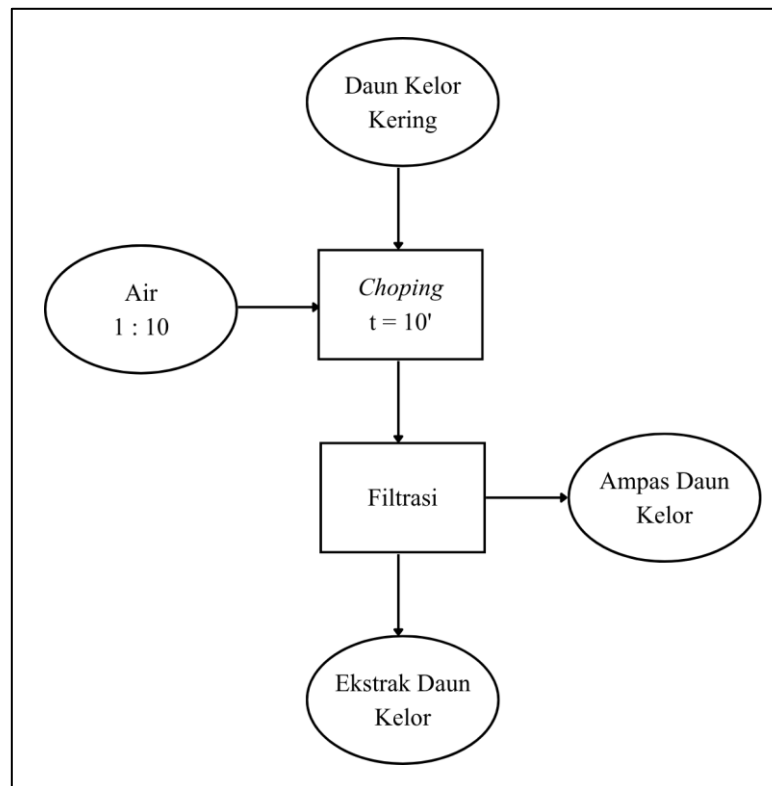
6. Pengemasan

Sebelum susu fungsional dilakukan pengemasan, kemasan PET akan dilakukan sterilisasi pemanasan dengan media air hangat, kemudian dilakukan paparan sinar UV, dengan panjang gelombang sekitar 254 nm, yang berfungsi merusak materi genetik mikroorganisme pada DNA sehingga menghambat proses replikasi dan menyebabkan inaktivasi sel

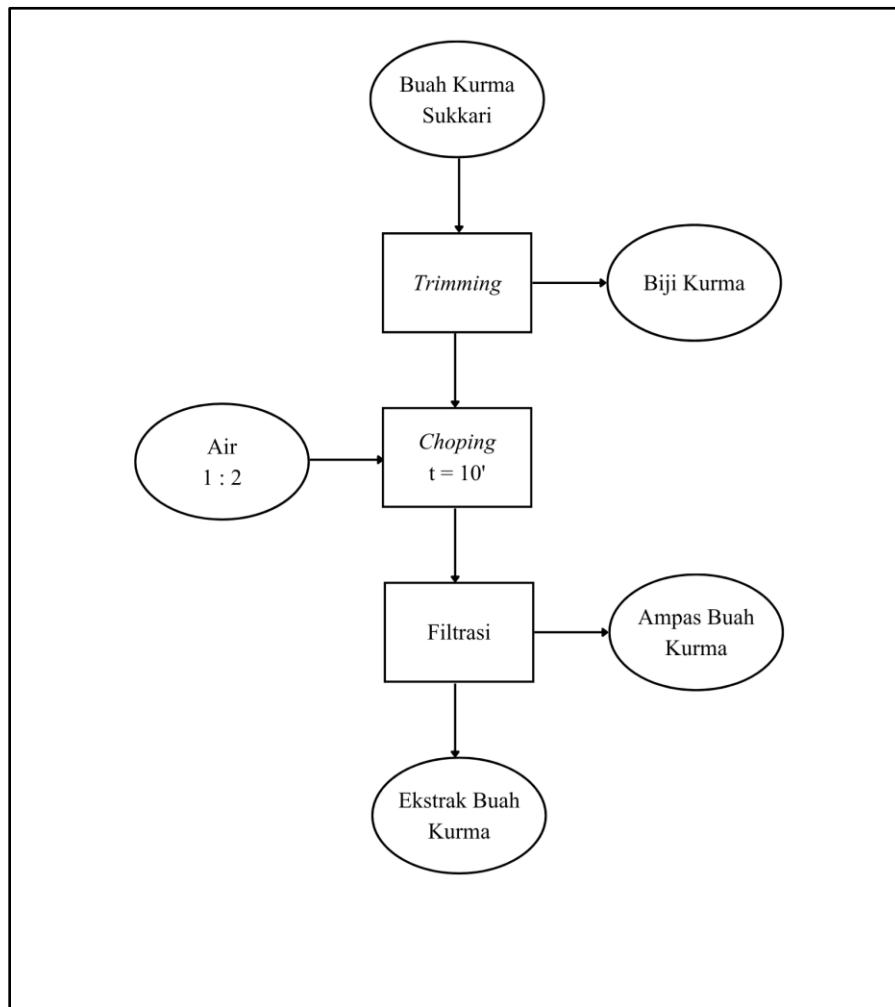
7. Pengujian

Susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional kemudian dilakukan analisis kimia yaitu analisis kadar gula total, protein, lemak dan IC_{50} ,

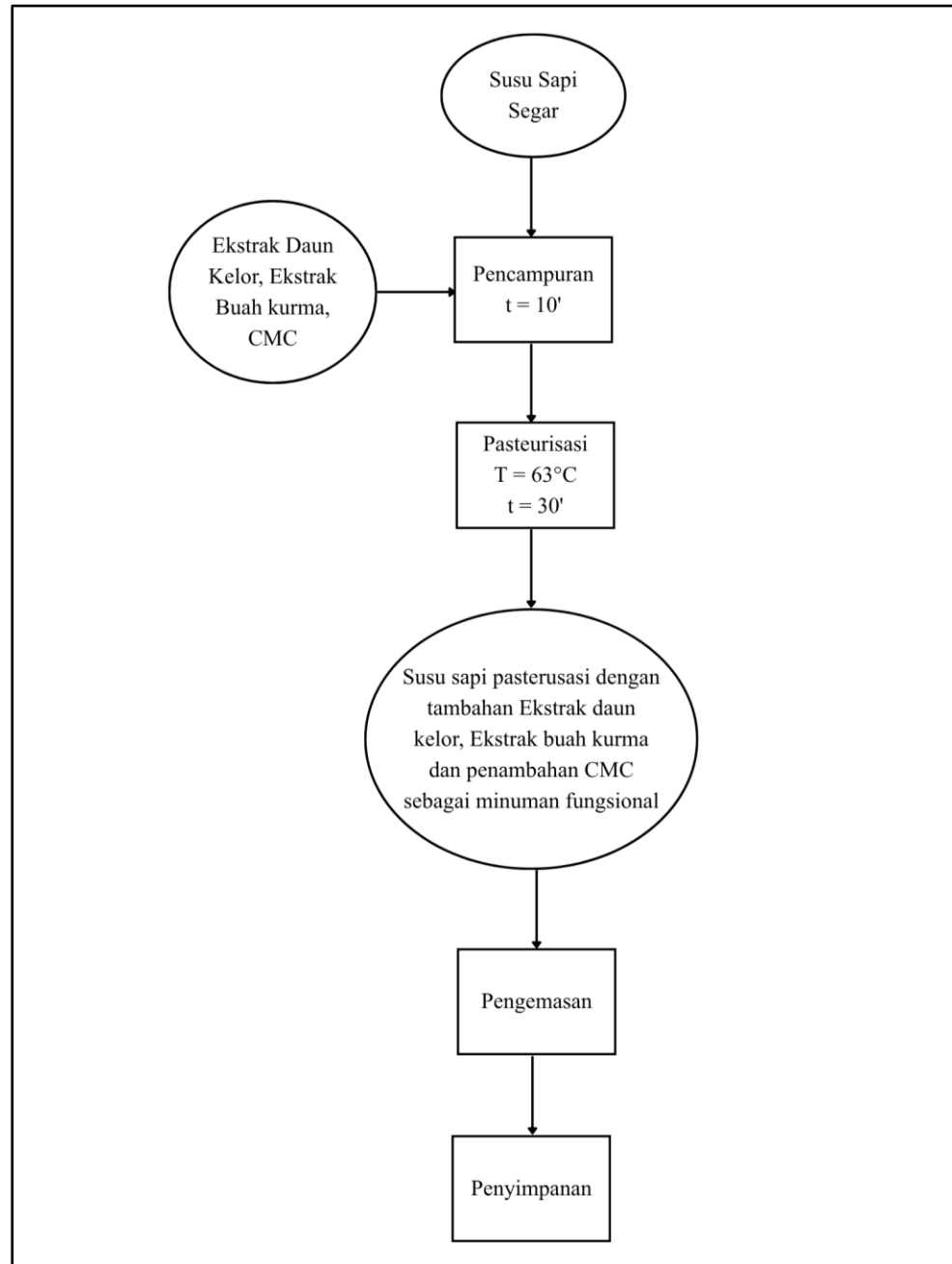
analisis fisik berupa *sludge volume*, analisis mikrobiologi berupa *Total Plate Count*, serta dilakukan pengujian organoleptik (rasa, warna, aroma, tekstur, *aftertaste*) dalam pengujian hedonik.



Gambar 8. Diagram alir pembuatan ekstrak daun kelor



Gambar 9. Diagram alir pembuatan ekstrak buah kurma

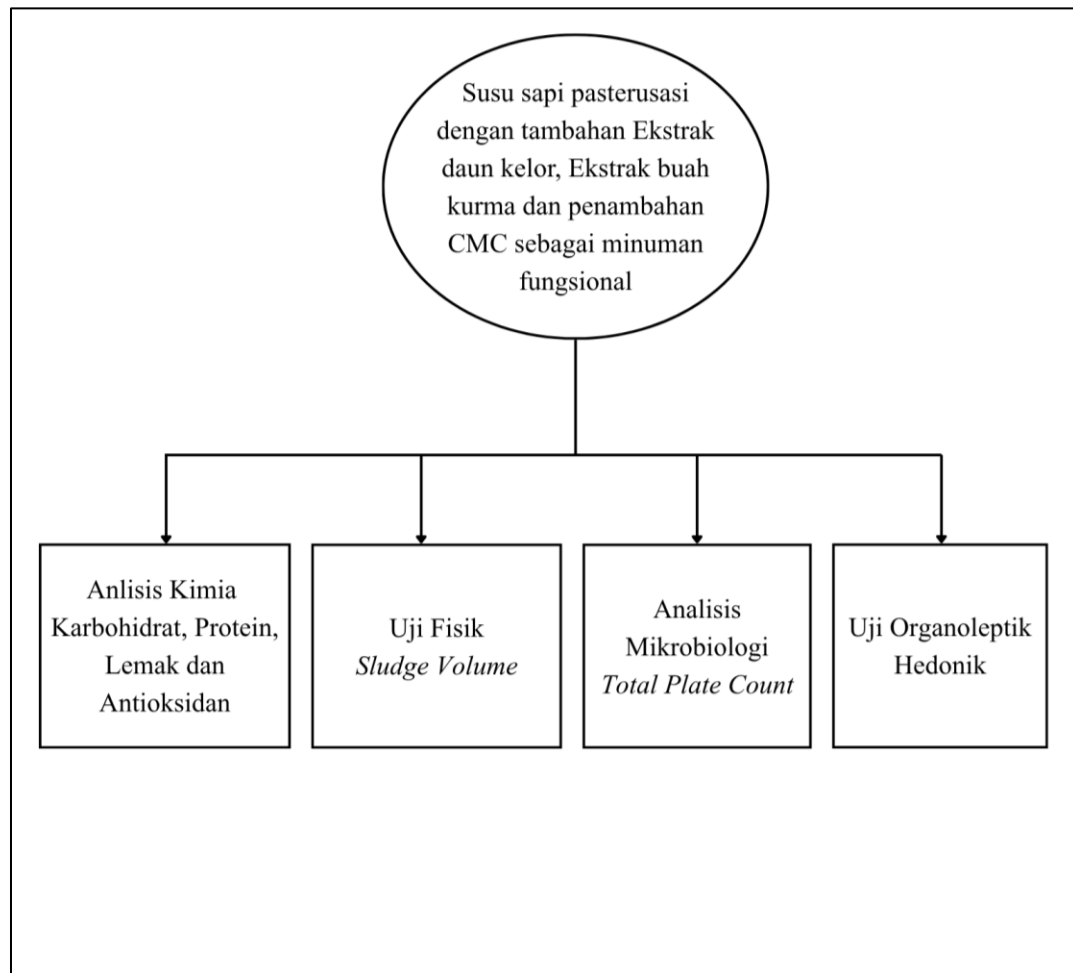


Gambar 10. Diagram alir pembuatan susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

3.3.3 Penelitian Tahap Ketiga : Analisis Respon Kimia, Fisik dan Mikrobiologi dan Uji Organoleptik

Penelitian tahap ketiga berupa analisis respon kimia, fisik dan mikrobiologi. Fokus dari tahap ini adalah memastikan karakteristik kimia serta keamanan mikrobiologi pada produk agar memenuhi standar mutu pangan. Analisis yang dilakukan yaitu kadar gula total metode Luff-Schoorl, protein metode Kjeldahl, lemak metode Soxhlet, IC_{50} metode DPPH, Uji Fisik berupa Uji *Sludge volume*/Endapan menggunakan Metode Sentrifugasi, dan analisis mikrobiologi dengan Metode TPC (*Total Plate Count*).

Kemudian dilakukan uji organoleptik terhadap uji kesukaan (Hedonik), tahap ini bertujuan untuk menilai penerimaan konsumen terhadap produk susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional. Panelis yang digunakan adalah panelis semi-terlatih sebanyak 30 Orang dengan skala hedonik 1-6 terhadap 5 atribut yaitu Rasa, Warna, Tekstur, Aroma, *Aftertaste*. (Soekarto, 2002). Data yang dikumpulkan dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA pada rancangan *Mixture D-Optimal* melalui perangkat lunak *Design-Expert*.



Gambar 11. Diagram alir analisis susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

3.3.4 Penelitian Tahap Keempat : Analisis data dan optimasi

Setelah dilakukan uji organoleptik hedonik untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional, tahap selanjutnya adalah analisis data dan proses optimasi formulasi menggunakan perangkat

lunak *Design-Expert*. Data respon yang diperoleh, baik respon sensoris maupun respon fungsional, dianalisis secara statistik untuk mengetahui pengaruh proporsi masing-masing komponen campuran terhadap karakteristik produk. Analisis ini bertujuan untuk membangun model matematis yang mampu merepresentasikan hubungan antara variabel formulasi dan respon yang diamati secara kuantitatif. Dan untuk tingkat *importance* dari susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional untuk setiap respon tertera pada tabel berikut,

Tabel 7. Tingkat *Importance* setiap Respon

Komponen	<i>Importance</i>	Fungsi Tujuan
Protein	+++++	<i>Maximize</i>
IC ₅₀	+++++	<i>Minimize</i>
Rasa	+++++	<i>Maximize</i>
Aroma	+++++	<i>Maximize</i>
Warna	+++++	<i>Maximize</i>
<i>Aftertaste</i>	+++++	<i>Maximize</i>
Tekstur (<i>Mouthfeel</i>)	+++++	<i>Maximize</i>
<i>Total Plate Count</i>	+++	<i>Minimize</i>
<i>Sludge volume</i>	+++	<i>Minimize</i>
Kadar Gula Total	+++	<i>In range</i>
Lemak	+++	<i>In range</i>

Dalam proses optimasi, setiap respon diberikan tingkat kepentingan (*importance*) yang berbeda sesuai dengan tujuan pengembangan produk. Pada

penelitian ini, respon IC_{50} dan protein diberikan tingkat kepentingan tertinggi (+++++), karena kedua parameter tersebut merupakan indikator utama nilai fungsional produk dan menjadi keunggulan utama susu fungsional berbasis daun kelor dan buah kurma. Respon lain seperti atribut sensoris (warna, aroma, rasa, tekstur, dan *aftertaste*) tetap diperhitungkan dalam optimasi, namun dengan tingkat kepentingan yang disesuaikan agar produk yang dihasilkan tidak hanya unggul secara fungsional tetapi juga dapat diterima oleh konsumen. Bobot kepentingan pada seluruh atribut sensoris ditetapkan sama sejak awal tahap optimasi, yaitu sebelum diketahui atribut mana yang modelnya signifikan, karena penerimaan konsumen merupakan syarat utama kelayakan produk. Atribut yang modelnya tidak signifikan tetap disertakan agar nilainya terjaga pada kisaran yang dapat diterima, bukan untuk dimaksimalkan secara paksa.

Proses optimasi dilakukan menggunakan pendekatan fungsi *desirability*, di mana setiap respon ditransformasikan ke dalam nilai *desirability* dengan rentang 0 hingga 1 sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Nilai *desirability* total digunakan untuk menentukan kombinasi formulasi optimum yang mampu memberikan keseimbangan terbaik antara kandungan senyawa fungsional dan penerimaan sensoris. Formulasi dengan nilai *desirability* tertinggi dipilih sebagai kondisi optimum karena dianggap paling mendekati tujuan penelitian secara keseluruhan.

Tahap akhir dari proses optimasi adalah verifikasi hasil optimasi, yang dilakukan dengan membandingkan nilai respon hasil prediksi perangkat lunak dengan nilai respon aktual hasil percobaan. Verifikasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa

model yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang baik dan dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan formulasi produk. Apabila nilai respon hasil verifikasi tidak berbeda nyata dengan nilai prediksi, maka model dan kondisi optimum yang diperoleh dinyatakan valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai (4.1) Hasil dan Pembahasan Penelitian Utama, (4.2) Formulasi Optimal, dan (4.3) Verifikasi Formulasi Optimal.

4.1 Hasil dan Pembahasan Penelitian Utama

Pada penelitian digunakan rancangan dengan model *D-Optimal*. Rancangan ini digunakan untuk melihat pengaruh kombinasi komponen dan menentukan formulasi optimal susu fungsional dengan kombinasi variabel diantaranya ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan cmc, kemudian dilakukan pengujian Respon kimia meliputi kadar protein, kadar lemak, gula total dan IC_{50} kemudian respon fisik meliputi *sludge volume*. dan respon mikrobiologi meliputi TPC (*Total Plate Count*) dan respon organoleptik menggunakan pengujian hedonik berupa warna, aroma, rasa, tekstur dan *aftertaste*.

4.1.1 Hasil Analisis Respon Kimia

Analisis respon kimia berupa analisis kadar protein menggunakan metode kjehdal, kadar lemak menggunakan metode soxhlet, gula total menggunakan metode luff schoorl dan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH

Keempat parameter tersebut dipilih karena secara bersama-sama dapat menggambarkan profil mutu gizi dan fungsional dari produk minuman susu yang dikembangkan. Kadar protein dan lemak mencerminkan nilai gizi dasar produk, kadar gula total berkaitan dengan karakteristik rasa dan kontribusi energi, sedangkan nilai

IC₅₀ menggambarkan potensi fungsional produk sebagai minuman yang memberikan manfaat kesehatan tambahan bagi konsumen.

4.1.1.1 Hasil Analisis Kadar Gula Total

Gula total merupakan parameter mutu yang menunjukkan jumlah keseluruhan gula sederhana (monosakarida dan disakarida) pada suatu bahan pangan. Kadar gula total pada produk ini erat kaitannya dengan penambahan ekstrak buah kurma yang secara alami mengandung gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dalam jumlah tinggi sehingga berperan sebagai pemanis alami. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert* didapatkan hasil analisis kadar gula total dapat dilihat pada Tabel 8.

Pengukuran kadar gula total pada penelitian ini menggunakan metode Luff Schoorl, yang bekerja berdasarkan prinsip reduksi ion kupri (Cu^{2+}) oleh gula pereduksi dalam suasana alkalis, kemudian sisa ion kupri yang tidak tereduksi dititrasi secara iodometri. Metode ini dipilih karena relatif sederhana, murah, dan telah lama digunakan secara luas dalam analisis pangan di laboratorium. Kadar gula total menjadi parameter penting karena berkaitan langsung dengan tingkat kemanisan produk serta kontribusi energi yang dihasilkan, khususnya pada produk minuman fungsional berbasis susu dengan penambahan ekstrak buah kurma sebagai sumber gula alami.

Tabel 8. Hasil Analisis Kadar Gula total

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Gula Total (%)
F1	4	20,75	0,25	29,58
F2	5	19	1	27,99
F3	5	19,5	0,5	28,85
F4	3	21	1	29,88
F5	7	17,5	0,5	25,58
F6	7	18	0	26,89
F7	3	21	1	29,85
F8	3	21,5	0,5	30,16
F9	6	18,25	0,75	27,12
F10	7	17	1	24,75
F11	7	18	0	26,96
F12	5	20	0	29,08
F13	3	22	0	31,36
F14	7	17	1	24,76
F15	7	18	0	26,88
F16	3	22	0	31,48

Berdasarkan hasil analisis, kadar gula total produk berkisar antara 24,75–31,48% dengan nilai rata-rata sebesar 28,20%. Belum ditemukan SNI yang secara khusus mensyaratkan kadar gula total untuk produk sejenis, sehingga sebagai pembandingan digunakan hasil penelitian optimasi minuman fungsional berbasis susu oleh Shukla et al. (2014) yang melaporkan bahwa formulasi optimal minuman susu berbasis mangga dengan aktivitas antioksidan dan penerimaan keseluruhan terbaik diperoleh pada kadar gula sekitar 6,00%. Nilai gula total pada penelitian ini jauh lebih tinggi karena sumber gula utamanya berasal dari ekstrak buah kurma yang secara alami memiliki kandungan gula sangat tinggi, bukan gula tambahan murni.

Untuk mengetahui pengaruh proporsi ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma, dan CMC secara statistik terhadap kadar gula total, baik secara individual maupun melalui interaksi antar komponen, dilakukan analisis ragam (ANOVA) pada rancangan *Mixture D-Optimal* menggunakan program *Design-Expert*. Melalui analisis ini dapat diketahui komponen atau kombinasi komponen yang memberikan pengaruh nyata terhadap respon gula total, sekaligus model polinomial yang paling tepat untuk menggambarkan hubungan antara ketiga komponen tersebut dengan kadar gula total produk. Hasil analisis ragam untuk respon kadar gula total disajikan pada Tabel 9 berikut. Analisis ragam ini bertujuan untuk mengidentifikasi signifikansi pengaruh masing-masing komponen serta interaksinya terhadap respon kadar gula total, sekaligus menentukan model polinomial yang paling sesuai untuk menggambarkan hubungan tersebut.

Tabel 9. ANOVA Analisis Kadar Gula Total

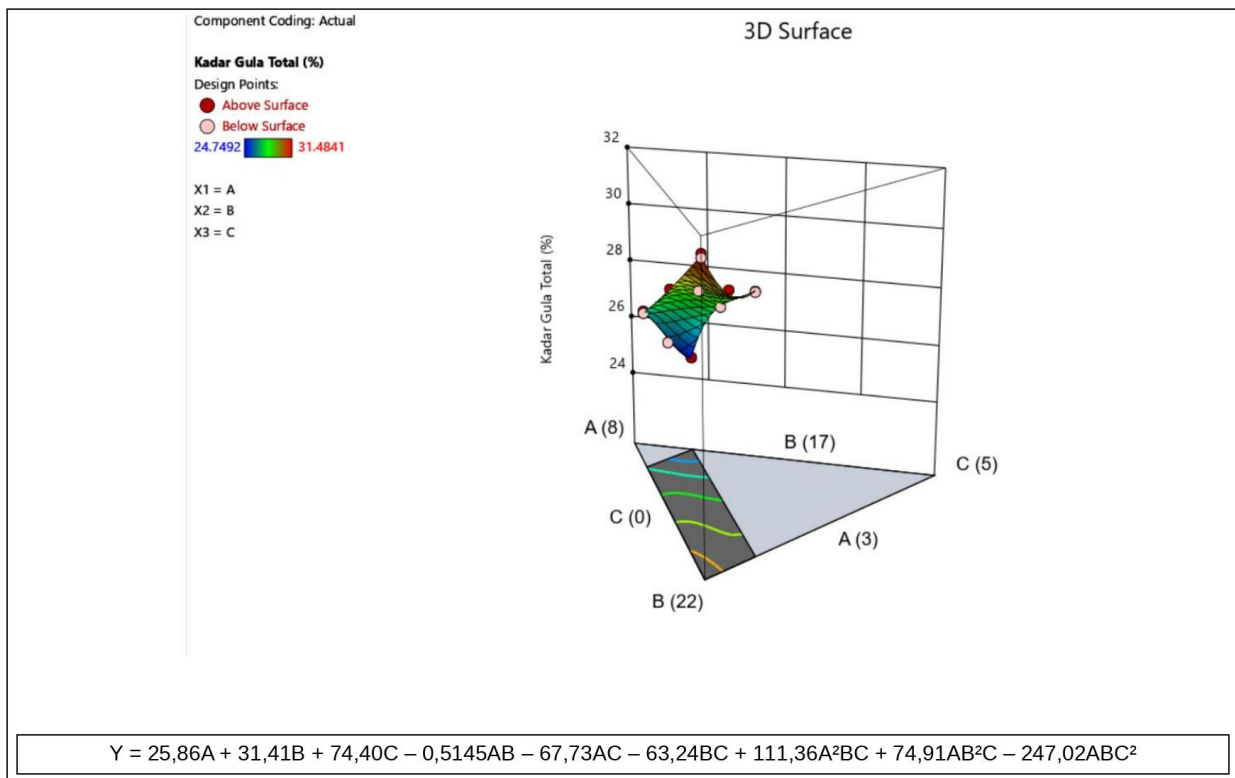
<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	69,89	8	8,74	370,46	< 0,0001 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	68,52	2	34,26	1452,60	< 0,0001
AB	0,0060	1	0,0060	0,2537	0,6299
AC	0,4246	1	0,4246	18,01	0,0038
BC	0,3812	1	0,3812	16,17	0,0051
A ² BC	0,2763	1	0,2763	11,71	0,0111
AB ² C	0,1484	1	0,1484	6,29	0,0405
ABC ²	0,1347	1	0,1347	5,71	0,0482
<i>Residual</i>	0,1651	7	0,0236		
<i>Lack of Fit</i>	0,1531	2	0,0765	31,91	0,0014 <i>significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,0120	5	0,0024		
<i>Cor Total</i>	70,06	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon gula total adalah *special quartic*. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa model memiliki nilai F sebesar 370,46 dengan $p\text{-value} < 0,0001$, sehingga model dinyatakan signifikan. Interaksi AC dan BC juga signifikan ($p < 0,05$), begitu pula interaksi tingkat tinggi A^2BC , AB^2C , dan ABC^2 , yang menunjukkan bahwa hubungan antara ketiga komponen terhadap gula total bersifat kompleks dan tidak *Linear* sederhana.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai R^2 sebesar 0,9976 menunjukkan model mampu menjelaskan 99,76% keragaman data gula total. Selisih *Adjusted R²* (0,9950) dan *Predicted R²* (0,9497) masih berada dalam rentang yang dapat diterima (kurang dari 0,2). Nilai *Adeq Precision* sebesar 58,0442 jauh melebihi ambang batas 4, menunjukkan model dapat digunakan untuk menavigasi *design space*.

Pada respon kadar gula total, uji *Lack of Fit* menunjukkan hasil yang signifikan dengan $p\text{-value}$ sebesar 0,0014. Kondisi tersebut terutama disebabkan oleh nilai *pure error* pada respon ini yang sangat kecil, yaitu 0,0120 dengan derajat bebas 5 dan *mean square* hanya 0,0024, sebagai akibat dari tingginya konsistensi pengukuran metode Luff Schoorl pada titik-titik formulasi ulangan (F4 dengan F7, F10 dengan F14, serta F6, F11, dan F15). Ketika *pure error* sangat kecil, uji *Lack of Fit* menjadi sangat sensitif sehingga simpangan yang kecil sekalipun dapat terbaca signifikan secara statistik. Meskipun demikian, model tetap dinilai layak digunakan karena seluruh indikator kesesuaian berada pada kategori sangat baik, yaitu R^2 0,9976, *Adjusted R²*

0,9950, *Predicted R²* 0,9497, dan *Adeq Precision* 58,0442. Kelayakan model juga terbukti pada tahap verifikasi, di mana nilai prediksi kadar gula total sebesar 29,82% sangat mendekati nilai aktual 29,88% dengan selisih hanya 0,06% dan berada di dalam rentang 95% *Prediction Interval*.



Gambar 13. Grafik 3D *Surface* Analisis Kadar Gula Total

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai gula total tertinggi diperoleh pada kombinasi formulasi dengan proporsi ekstrak buah kurma yang lebih tinggi disertai CMC rendah, sejalan dengan sifat ekstrak kurma yang kaya akan gula alami. Sebaliknya, nilai gula total terendah cenderung diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor yang lebih tinggi, mengingat daun kelor bukan merupakan sumber gula utama pada formulasi ini.

Komponen dengan kontribusi terbesar terhadap gula total adalah CMC (C) dengan koefisien 74,40, diikuti oleh ekstrak buah kurma (B) sebesar 31,41 dan ekstrak daun kelor (A) sebesar 25,86. Nilai koefisien C yang besar pada persamaan model tidak berarti CMC secara mutlak mengandung gula tertinggi, melainkan mencerminkan efek proporsional CMC dalam sistem campuran (*Mixture*) terhadap respon gula total pada rentang komponen yang diuji. Interaksi AB, AC, dan BC seluruhnya bernotasi negatif, yang menunjukkan bahwa peningkatan dua komponen secara bersamaan cenderung menurunkan gula total dibandingkan efek *Linear* nya, sedangkan interaksi tingkat tinggi A^2BC dan AB^2C bernotasi positif yang mengindikasikan adanya efek sinergis pada proporsi komponen tertentu.

Ekstrak buah kurma diketahui memiliki kandungan gula total yang sangat tinggi, yaitu berkisar 73,80–79,10% bergantung pada kultivarnya, dengan fruktosa dan glukosa sebagai komponen gula dominan (Yoanita, 2015). Tingginya kandungan gula alami pada buah kurma inilah yang menjadikannya berpotensi sebagai pemanis alami pengganti gula tambahan pada berbagai produk pangan, sebagaimana telah diterapkan pada produk permen susu dan es krim kefir. Semakin tinggi proporsi ekstrak buah kurma dalam formulasi, semakin besar pula kontribusi gula reduksi dan gula total pada produk akhir. Di sisi lain, penambahan CMC sebagai bahan penstabil turut memengaruhi nilai total padatan terlarut pada sistem dispersi, sehingga secara tidak langsung dapat memengaruhi pengukuran gula total pada matriks produk.

Kadar gula total tertinggi diperoleh pada formulasi 16 (F16) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 22,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 31,48%, sedangkan kadar gula total terendah diperoleh pada formulasi 10 (F10) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 17,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 24,75%. Pola ini konsisten dengan proporsi ekstrak buah kurma yang lebih tinggi pada F16 dibandingkan F10, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.1.2 Hasil Analisis Kadar Protein

Protein merupakan salah satu komponen gizi utama yang berperan penting dalam pembentukan jaringan tubuh, enzim, hormon, dan sistem imun. Analisis kadar protein pada bahan pangan perlu dilakukan untuk menentukan mutu dan nilai gizi dari suatu bahan pangan. Penentuan kadar protein dengan metode Kjeldahl prinsipnya adalah pengukuran kadar protein secara tidak langsung dengan mengukur kadar N dalam sampel melalui tiga tahapan, yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi.

Metode Kjeldahl dikenal karena keakuratannya dan telah menjadi standar internasional dalam analisis protein, meskipun memiliki beberapa kelemahan, seperti tidak membedakan antara nitrogen protein dan nitrogen non-protein. Hasil nitrogen total yang diperoleh kemudian dikalikan dengan faktor konversi 6,25 untuk mendapatkan kadar protein kasar (*crude protein*). Nilai faktor konversi ini diperoleh dari asumsi bahwa rata-rata kandungan nitrogen dalam protein sebesar 16,00%, meskipun untuk produk susu digunakan faktor konversi 6,38 karena kandungan

proteinnya yang lebih tinggi (Winarno, 2004). Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, didapatkan hasil analisis kadar protein yang dapat dilihat pada tabel 10

Kadar protein pada produk minuman fungsional ini turut dipengaruhi oleh proporsi ekstrak daun kelor yang ditambahkan, mengingat daun kelor dikenal luas sebagai sumber protein nabati dengan profil asam amino yang relatif lengkap dibandingkan sayuran hijau lainnya. Oleh karena itu, variasi proporsi ekstrak daun kelor pada setiap formulasi diperkirakan memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kadar protein produk akhir. Selain itu, ekstrak buah kurma dan CMC juga memberikan kontribusi protein dalam jumlah yang lebih kecil, sehingga kombinasi ketiga komponen tersebut secara bersama-sama menentukan kadar protein akhir produk. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi formulasi tidak hanya bergantung pada satu komponen tunggal, melainkan pada keseimbangan proporsi ketiga bahan baku secara simultan untuk mencapai kadar protein yang optimal.

Tabel 10. Hasil Analisis Kadar Protein

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	% Protein
F1	4	20,75	0,25	3,43
F2	5	19	1	3,57
F3	5	19,5	0,5	3,73
F4	3	21	1	2,99
F5	7	17,5	0,5	4,48
F6	7	18	0	4,62
F7	3	21	1	2,97
F8	3	21,5	0,5	3,12
F9	6	18,25	0,75	4,14
F10	7	17	1	4,31
F11	7	18	0	4,60
F12	5	20	0	3,97
F13	3	22	0	3,29
F14	7	17	1	4,30
F15	7	18	0	4,60
F16	3	22	0	3,27

Berdasarkan hasil analisis, kadar protein produk berkisar antara 2,97–4,62% dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 3,84%. Kisaran nilai ini menunjukkan variasi yang cukup besar antar formulasi, yang mengindikasikan bahwa proporsi ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein produk akhir.

Merujuk pada syarat mutu minuman susu SNI 8418:2018, kadar protein minimum yang dipersyaratkan adalah 1,00% fraksi massa. Seluruh formulasi pada penelitian ini menghasilkan kadar protein yang jauh melampaui batas minimum tersebut, yang menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun kelor sebagai sumber protein nabati mampu meningkatkan mutu gizi produk secara signifikan.

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma, dan CMC terhadap kadar protein produk, baik secara individual maupun melalui interaksi antar komponen, dilakukan analisis ragam (ANOVA) pada rancangan *Mixture D-Optimal* menggunakan program *Design-Expert*. Analisis ini juga digunakan untuk menentukan model polinomial yang paling sesuai dalam menggambarkan hubungan antara proporsi ketiga komponen dengan kadar protein yang dihasilkan. Hasil analisis ragam untuk respon kadar protein disajikan pada Tabel 11 berikut.

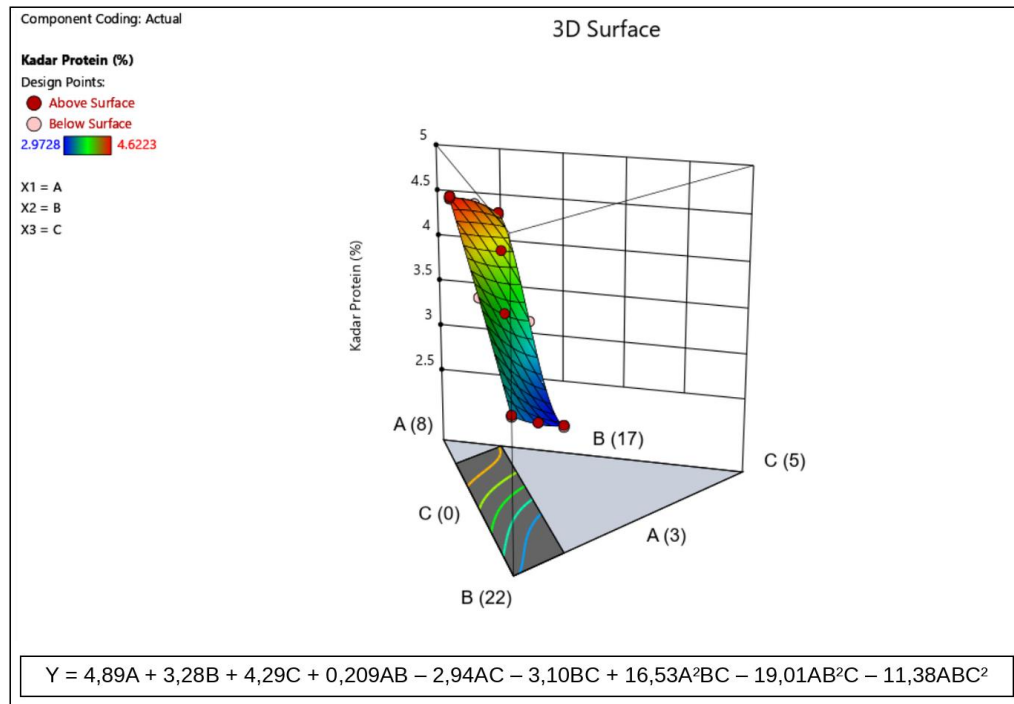
Tabel 11. ANOVA Analisis Kadar Protein

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	5,59	8	0,6984	1838,31	< 0,0001 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	5,56	2	2,78	7318,94	< 0,0001
AB	0,0010	1	0,0010	2,59	0,1513
AC	0,0008	1	0,0008	2,11	0,1894
BC	0,0009	1	0,0009	2,41	0,1644
A ² BC	0,0061	1	0,0061	16,02	0,0052
AB ² C	0,0096	1	0,0096	25,15	0,0015
ABC ²	0,0003	1	0,0003	0,7523	0,4145
<i>Residual</i>	0,0027	7	0,0004		
<i>Lack of Fit</i>	0,0018	2	0,0009	5,55	0,0537 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,0008	5	0,0002		
<i>Cor Total</i>	5,59	15			

Berdasarkan tabel ANOVA pada respon kadar protein, Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon kadar protein adalah *special quartic*. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa model memiliki nilai F sebesar 1838,31 dengan $p\text{-value} < 0,0001$ ($\text{Prob}>F$ lebih kecil dari 0,05), sehingga model dinyatakan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara ekstrak daun kelor (A), ekstrak buah kurma (B), dan CMC (C), baik secara *Linear Mixture* maupun melalui interaksi tingkat tinggi (A^2BC dan AB^2C), memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar protein produk.

Nilai F *Lack of Fit* sebesar 5,55 dengan $p\text{-value}$ 0,0537 (lebih besar dari 0,05) menunjukkan bahwa *Lack of Fit* tidak signifikan, yang berarti terdapat kesesuaian yang baik antara model dengan data hasil analisis kadar protein.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai R^2 sebesar 0,9995 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 99,95% keragaman data kadar protein. Selisih antara *Adjusted R^2* (0,9990) dan *Predicted R^2* (0,9888) kurang dari 0,2, yang menandakan tidak terdapat efek blok yang berlebihan sehingga kedua nilai tersebut berada dalam rentang yang wajar (*reasonable agreement*). Nilai *Adeq Precision* sebesar 110,7016, jauh di atas ambang batas 4, menunjukkan sinyal yang sangat memadai sehingga model ini sangat layak digunakan untuk menavigasi *design space*. Dengan demikian, persamaan model yang dihasilkan dapat diandalkan untuk memprediksi kadar protein pada kombinasi formulasi lain di dalam rentang variabel yang diteliti.



Gambar 14. Grafik 3D *Surface* Analisis Kadar Protein

Berdasarkan grafik tersebut, nilai kadar protein tertinggi diperoleh sebesar $\pm 4,62\%$ pada formulasi dengan kombinasi komponen A (ekstrak daun kelor), B (ekstrak kurma), dan C (CMC). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi komponen A memberikan pengaruh terhadap peningkatan kadar protein produk, sesuai dengan hasil persamaan model dimana komponen A memiliki nilai koefisien positif terbesar.

Berdasarkan persamaan di atas, seluruh komponen utama (A, B, dan C) memberikan kontribusi positif terhadap kadar protein, ditandai dengan koefisien bernilai positif. Komponen dengan kontribusi terbesar adalah ekstrak daun kelor (A) dengan koefisien 4,89, diikuti oleh CMC (C) sebesar 4,29 dan ekstrak buah kurma (B)

sebesar 3,28. Interaksi AB dan AC bernotasi negatif, yang mengindikasikan bahwa peningkatan proporsi kedua komponen tersebut secara bersamaan dapat menurunkan kadar protein, sedangkan interaksi tingkat tinggi A²BC bernotasi positif dengan koefisien terbesar (16,53) yang menunjukkan adanya efek sinergis antar ketiga komponen pada proporsi tertentu.

Tingginya kontribusi ekstrak daun kelor terhadap kadar protein sejalan dengan karakteristik daun kelor yang dikenal sebagai sumber protein nabati dengan kandungan protein tinggi, yaitu berkisar 27,10% pada bahan kering, bahkan dilaporkan dapat mencapai 45,00% pada bubuk hasil ekstraksi dengan metode tertentu (Krisnadi, 2012). Kandungan protein pada daun kelor didukung oleh profil asam amino esensial yang lengkap sehingga menjadikannya bahan baku potensial untuk meningkatkan nilai gizi produk pangan fungsional. Sementara itu, kontribusi ekstrak buah kurma terhadap kadar protein relatif lebih kecil karena buah kurma pada dasarnya lebih dominan sebagai sumber gula dan energi, dengan kandungan protein yang jauh lebih rendah dibandingkan karbohidratnya.

Kandungan protein yang tinggi pada daun kelor berkontribusi terhadap peningkatan kadar protein karena daun kelor merupakan sumber protein nabati yang dapat meningkatkan kandungan nitrogen total pada analisis Kjeldahl (Krisnadi, 2012). Sementara itu, nilai kadar protein terendah diperoleh sebesar $\pm 2,97\%$ pada kombinasi formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor yang lebih rendah. Perbedaan nilai

respon kadar protein pada setiap formulasi menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan memberikan pengaruh terhadap kandungan protein yang dihasilkan.

4.1.1.3 Hasil Analisis Kadar Lemak

Kadar lemak merupakan salah satu parameter mutu gizi yang menggambarkan kandungan lipid pada suatu produk pangan, yang turut berkontribusi terhadap tekstur, *mouthfeel*, dan nilai energi produk. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, didapatkan hasil analisis kadar lemak sebagaimana disajikan pada Tabel 12.

Analisis kadar lemak pada penelitian ini menggunakan metode ekstraksi Soxhlet dengan pelarut organik non-polar, yang bekerja berdasarkan prinsip pelarutan komponen lipid secara berulang melalui siklus refluks pelarut. Metode ini dipilih karena mampu mengekstraksi lemak secara menyeluruh dengan tingkat akurasi yang baik. Kadar lemak pada produk ini terutama dipengaruhi oleh proporsi ekstrak daun kelor, mengingat daun kelor mengandung sejumlah kecil lemak esensial yang turut berkontribusi terhadap profil gizi produk akhir. Kadar lemak yang relatif rendah pada seluruh formulasi juga sejalan dengan karakteristik bahan baku yang digunakan, yaitu susu sapi rendah lemak, ekstrak daun kelor, dan ekstrak buah kurma yang secara alami tidak banyak mengandung komponen lipid.

Tabel 12. Hasil Analisis Kadar Lemak

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	% Lemak
F1	4	20,75	0,25	2,65
F2	5	19	1	2,74
F3	5	19,5	0,5	2,78
F4	3	21	1	2,56
F5	7	17,5	0,5	2,97
F6	7	18	0	3,05
F7	3	21	1	2,54
F8	3	21,5	0,5	2,58
F9	6	18,25	0,75	2,83
F10	7	17	1	2,91
F11	7	18	0	3,00
F12	5	20	0	2,80
F13	3	22	0	2,63
F14	7	17	1	2,90
F15	7	18	0	3,01
F16	3	22	0	2,60

Berdasarkan hasil analisis, kadar lemak pada seluruh formulasi berkisar antara 2,54–3,05%. Nilai kadar lemak tertinggi diperoleh pada formulasi F6 sebesar 3,05%, sedangkan kadar lemak terendah terdapat pada formulasi F7 sebesar 2,54%. Jika dibandingkan dengan persyaratan SNI 8418:2018 untuk minuman susu, seluruh formulasi telah memenuhi standar karena memiliki kadar lemak jauh lebih tinggi dari batas minimum yaitu 1,20%. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh formulasi memiliki kandungan lemak yang mencukupi sebagai produk minuman susu.

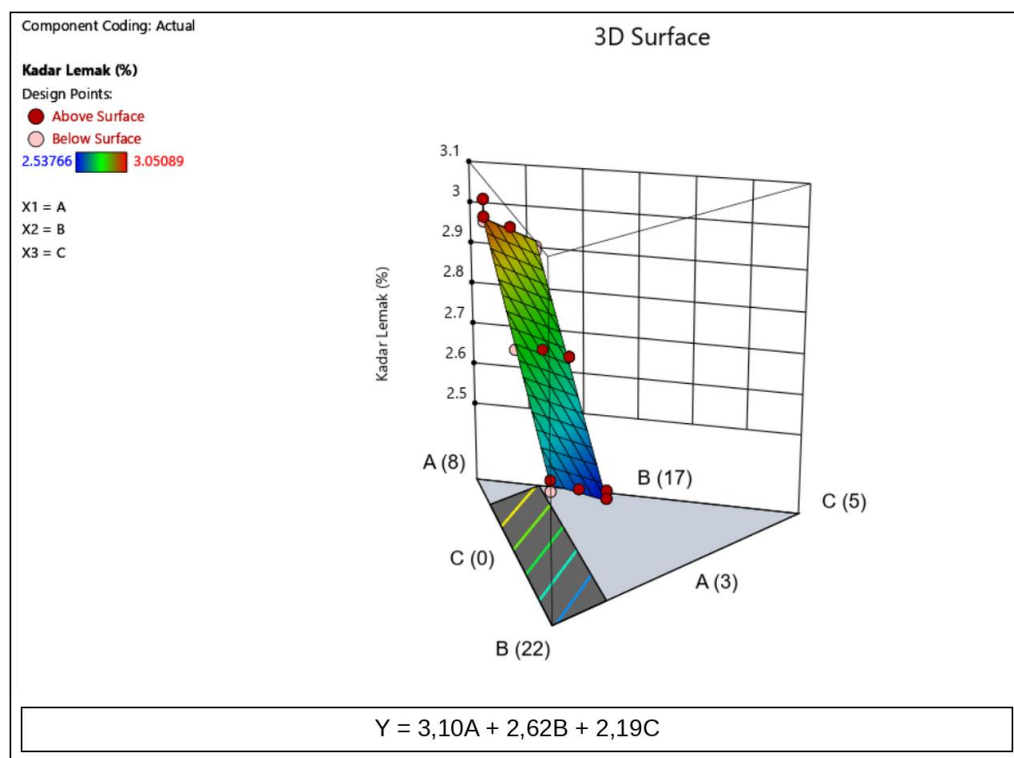
Tabel 13. ANOVA Analisis Kadar Lemak

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	0,4552	2	0,2276	467,18	< 0,0001 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,4552	2	0,2276	467,18	< 0,0001
<i>Residual</i>	0,0063	13	0,0005		
<i>Lack of Fit</i>	0,0043	8	0,0005	1,30	0,4040 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,0021	5	0,0004		
<i>Cor Total</i>	0,4615	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon kadar lemak adalah *Linear*. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa model memiliki nilai F sebesar 467,18 dengan $p\text{-value} < 0,0001$, sehingga model dinyatakan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi *Linear* antara ekstrak daun kelor (A), ekstrak buah kurma (B), dan CMC (C) memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar lemak produk, tanpa memerlukan suku interaksi tambahan untuk menjelaskan variasi data.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis kadar lemak adalah sebesar 2,78% dengan standar deviasi sebesar 0,0221. Nilai R^2 sebesar 0,9863, *Adjusted R²* sebesar 0,9842, serta *Predicted R²* sebesar 0,9793 menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik dan konsisten antara kemampuan menjelaskan data percobaan dengan memprediksi respon baru. Nilai *Adeq Precision* sebesar 49,3993 yang jauh lebih besar dari nilai minimum 4 menunjukkan rasio *signal* terhadap *noise* yang sangat baik, sehingga model dapat digunakan untuk memprediksi respon kadar lemak pada formulasi yang diuji. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi proporsi ketiga komponen formulasi secara konsisten mampu menjelaskan perubahan kadar lemak yang teramati pada seluruh titik percobaan. Konsistensi kadar lemak yang relatif tinggi pada seluruh formulasi juga sejalan dengan kontribusi lemak dari basis susu sapi pasteurisasi yang digunakan, sehingga variasi antar formulasi lebih dipengaruhi oleh proporsi bahan tambahan dibandingkan bahan dasar utamanya.

Uji *Lack of Fit* pada respon kadar lemak menunjukkan hasil tidak signifikan dengan *p-value* sebesar 0,4040. Hal ini berarti simpangan antara nilai prediksi model dengan data aktual masih berada dalam batas kesalahan percobaan, sehingga model *Linear* yang disarankan telah sesuai untuk menggambarkan hubungan antara proporsi ketiga komponen dengan kadar lemak produk.



Gambar 15. Grafik 3D *Surface* Analisis Kadar Lemak

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai kadar lemak tertinggi diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor yang lebih tinggi, sesuai dengan hasil persamaan model dimana komponen A memiliki koefisien positif terbesar. Sebaliknya,

nilai kadar lemak terendah cenderung diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor yang rendah dan proporsi ekstrak kurma yang lebih dominan

Berdasarkan persamaan *Linear* di atas, komponen dengan kontribusi terbesar terhadap kadar lemak adalah ekstrak daun kelor (A) dengan koefisien 3,10, diikuti oleh ekstrak buah kurma (B) sebesar 2,62 dan CMC (C) sebesar 2,19. Karena model bersifat *Linear* tanpa suku interaksi, hubungan ketiga komponen terhadap kadar lemak bersifat aditif, artinya peningkatan proporsi salah satu komponen akan meningkatkan kadar lemak secara proporsional tanpa dipengaruhi oleh efek sinergis maupun antagonis antar komponen.

Urutan besarnya koefisien tersebut sejalan dengan kandungan lemak bahan bakunya. Daun kelor kering mengandung lemak sebesar 2,30 g per 100 g bahan (Fuglie, 2001), buah kurma hanya 0,40 g per 100 g bahan (United States Department of Agriculture, 2019), sedangkan CMC merupakan turunan selulosa berupa polisakarida yang tidak mengandung lemak (Imeson, 2010). Dengan demikian, semakin besar proporsi ekstrak daun kelor pada bagian variabel berubah, semakin kecil pengenceran yang dialami fase lemak susu sehingga kadar lemak produk cenderung lebih tinggi. Sumber lemak utama produk tetap berasal dari susu sapi segar sebagai variabel tetap sebesar 75,00%, yang mengandung lemak 3,50–4,00 g per 100 g (Sudarwanto, 2012), sementara ketiga variabel berubah berperan terutama sebagai pengencer fase kontinu. Lemak susu terdispersi dalam bentuk globula pada fase air, sehingga proporsinya

dalam produk akhir mengikuti tingkat pengenceran matriks susu tersebut (Walstra et al., 2006).

Daun kelor dilaporkan mengandung lemak dalam jumlah kecil hingga sedang pada basis kering, namun kontribusinya terhadap kadar lemak total produk tetap dapat terukur mengingat proporsi penambahannya dalam formulasi. Lebih lanjut, kadar lemak pada produk berbasis krim atau santan pada umumnya juga dipengaruhi oleh matriks bahan dasar (fase kontinu) yang digunakan dalam formulasi, di luar dari kandungan lemak masing-masing ekstrak itu sendiri. Nilai kadar lemak yang relatif tinggi dan konsisten dengan proporsi ekstrak daun kelor pada penelitian ini sejalan dengan pola pada beberapa penelitian produk berbasis kelor lainnya yang melaporkan adanya kontribusi lemak dari komponen daun kelor terhadap produk akhir.

Kadar lemak tertinggi diperoleh pada formulasi 6 (F6) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 18,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 3,05%, sedangkan kadar lemak terendah diperoleh pada formulasi 7 (F7) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 21,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 2,53%. Pola ini sejalan dengan pola pada respon kadar protein, di mana proporsi ekstrak daun kelor yang lebih tinggi berasosiasi dengan kadar lemak yang lebih tinggi pula, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.1.4 Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})

Aktivitas antioksidan pada penelitian ini diukur dalam bentuk nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi senyawa uji yang dibutuhkan untuk meredam 50,00% radikal bebas DPPH. Semakin kecil nilai IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidan suatu bahan, karena konsentrasi yang dibutuhkan untuk meredam radikal bebas lebih sedikit. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis IC_{50} yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH dipilih karena prosedurnya relatif sederhana, cepat, dan sensitif terhadap berbagai jenis senyawa antioksidan, baik yang bersifat hidrofilik maupun lipofilik. Nilai IC_{50} yang dihasilkan mencerminkan kemampuan komponen bioaktif dalam ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma, khususnya senyawa fenolik dan flavonoid, dalam meredam radikal bebas. Semakin rendah proporsi ekstrak yang mengandung senyawa antioksidan dalam formulasi, umumnya semakin tinggi nilai IC_{50} yang dihasilkan. Nilai IC_{50} pada rentang puluhan hingga ratusan ppm ini tergolong wajar untuk ekstrak bahan alami yang belum mengalami proses pemurnian lebih lanjut, sehingga aktivitas antioksidan yang terukur mencerminkan kontribusi gabungan berbagai senyawa bioaktif di dalam formulasi.

Tabel 14. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	IC₅₀
F1	4	20,75	0,25	143,42
F2	5	19	1	138,84
F3	5	19,5	0,5	135,58
F4	3	21	1	150,88
F5	7	17,5	0,5	107,62
F6	7	18	0	113,59
F7	3	21	1	152,72
F8	3	21,5	0,5	147,71
F9	6	18,25	0,75	126,01
F10	7	17	1	118,66
F11	7	18	0	102,64
F12	5	20	0	142,29
F13	3	22	0	155,59
F14	7	17	1	115,38
F15	7	18	0	119,41
F16	3	22	0	149,37

Berdasarkan Tabel 14, nilai IC₅₀ produk berkisar antara 102,64–155,59 ppm dengan nilai rata-rata sebesar 132,48 ppm. Nilai IC₅₀ terendah (aktivitas antioksidan tertinggi) diperoleh pada formulasi F11 (kelor 7,00%, kurma 18,00%, CMC 0,00%)

sebesar 102,64, sedangkan nilai IC_{50} tertinggi (aktivitas antioksidan terendah) pada formulasi F13 (kelor 3,00%, kurma 22,00%, CMC 0,00%) sebesar 155,59. Kecenderungan data menunjukkan bahwa formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor tertinggi (7,00%) secara konsisten menghasilkan nilai IC_{50} terendah, yang berarti memiliki aktivitas antioksidan tertinggi. Sebagai bahan pembanding, kajian mengenai kandungan senyawa antioksidan pada produk berbasis susu melaporkan bahwa susu memiliki kandungan senyawa antioksidan alami seperti asam amino, vitamin, dan mineral yang berperan dalam meredam radikal bebas (Iman & Adhyatmika, 2024).

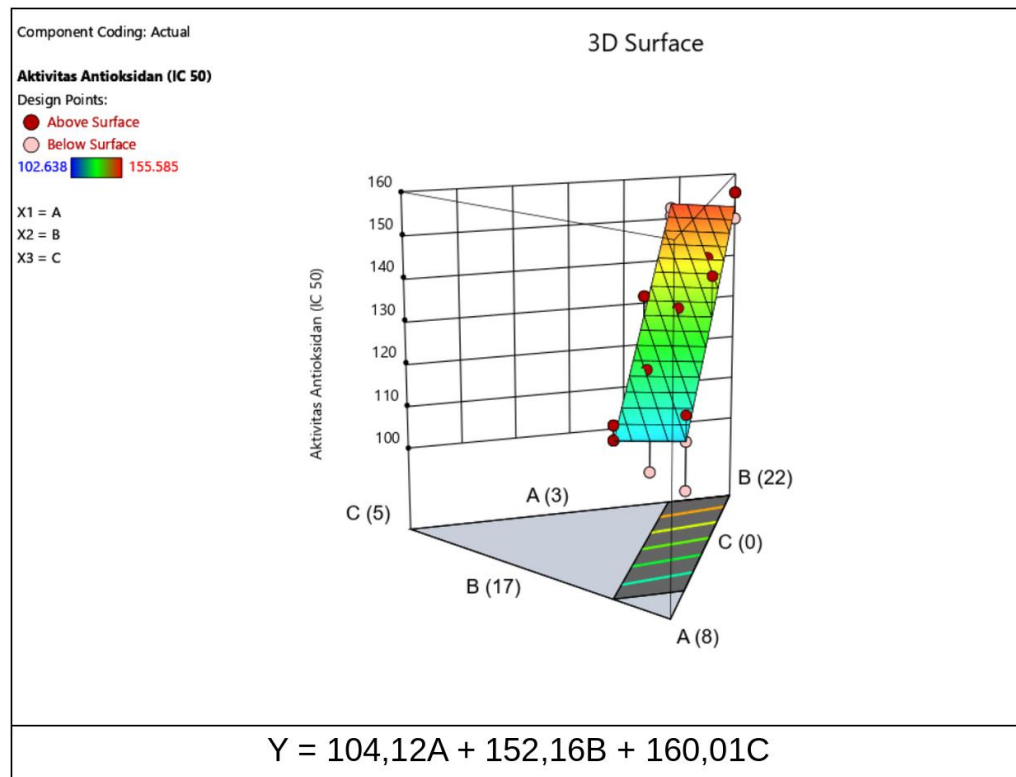
Mengacu pada klasifikasi kekuatan antioksidan menurut Molyneux (2004), suatu bahan tergolong antioksidan sangat kuat apabila nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm, kuat pada rentang 50–100 ppm, sedang pada rentang 100–150 ppm, dan lemah apabila lebih dari 150 ppm. Berdasarkan klasifikasi tersebut, 13 dari 16 formulasi pada penelitian ini, yaitu F1, F2, F3, F5, F6, F8, F9, F10, F11, F12, F14, F15, dan F16, termasuk kategori antioksidan sedang dengan nilai IC_{50} berkisar 102,64–149,37 ppm. Tiga formulasi lainnya, yaitu F4, F7, dan F13, termasuk kategori lemah dengan nilai 150,88–155,59 ppm. Nilai rata-rata IC_{50} seluruh formulasi sebesar 132,48 ppm juga berada pada kategori sedang, demikian pula nilai aktual hasil verifikasi formulasi optimal sebesar 140,45 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa produk susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC yang dihasilkan tergolong memiliki aktivitas antioksidan sedang, sehingga tetap memenuhi tujuan pengembangannya sebagai minuman fungsional.

Tabel 15. ANOVA Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	4244,46	2	2122,23	72,21	< 0,0001 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	4244,46	2	2122,23	72,21	< 0,0001
<i>Residual</i>	382,09	13	29,39		
<i>Lack of Fit</i>	210,63	8	26,33	0,7678	0,6484 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	171,46	5	34,29		
<i>Cor Total</i>	4626,56	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon IC_{50} adalah *Linear*. Pada taraf 5,00%, model *Linear* yang direkomendasikan bersifat *significant* dengan nilai $P < 0,0001$ ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi antara ekstrak daun kelor (A), ekstrak buah kurma (B), dan CMC (C) memberikan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) terhadap nilai IC_{50} produk. Nilai *F Lack of Fit* sebesar 0,7678 dengan *p-value* 0,6484 menunjukkan bahwa *Lack of Fit not significant*, yang menunjukkan adanya kesesuaian antara model dengan data hasil analisis IC_{50} .

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) IC_{50} adalah 132,48 dengan standar deviasi sebesar 5,42. Nilai R^2 sebesar 0,9174, *Adjusted R²* sebesar 0,9047, serta *Predicted R²* sebesar 0,8758, sehingga selisih antara *adjusted* dan *Predicted R²* kurang dari 0,2 yang menunjukkan kesesuaian yang baik antara data aktual dan prediksi. Nilai *Adeq Precision* sebesar 17,0414 melebihi nilai minimum 4, menunjukkan sinyal model yang memadai untuk menavigasi *design space*. Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang diperoleh cukup representatif untuk menggambarkan pengaruh proporsi ketiga komponen formulasi terhadap nilai IC_{50} produk.



Gambar 16. Grafik 3D *Surface Analysis* Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

Berdasarkan grafik 3D *Surface Analysis* respon aktivitas antioksidan (IC₅₀), hubungan interaksi antar komponen formulasi dapat dilihat berdasarkan perubahan warna dan bentuk permukaan grafik. Warna permukaan yang semakin menuju merah menunjukkan nilai IC₅₀ yang semakin tinggi, sedangkan warna biru menunjukkan nilai IC₅₀ yang lebih rendah. Berdasarkan grafik tersebut, nilai IC₅₀ tertinggi diperoleh sebesar ±155,59 ppm, sedangkan nilai IC₅₀ terendah sebesar ±102,64 ppm. Semakin rendah nilai IC₅₀ menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan produk semakin tinggi, karena konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk menghambat 50,00% radikal bebas semakin kecil.

Berdasarkan persamaan di atas, komponen ekstrak daun kelor (A) memiliki koefisien terendah (104,12) dibandingkan ekstrak buah kurma (B) sebesar 152,16 dan CMC (C) sebesar 160,01. Oleh karena respon ini berupa nilai IC_{50} (semakin rendah semakin baik), koefisien terendah pada komponen A menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor merupakan komponen dengan kontribusi terbesar dalam menurunkan nilai IC_{50} , atau dengan kata lain memberikan aktivitas antioksidan tertinggi. Hasil ini konsisten dengan data aktual di mana formulasi berkadar kelor tinggi (F5, F6, F11) menghasilkan IC_{50} terendah. Daun kelor dikenal luas mengandung senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai antioksidan alami. Karena model bersifat *Linear*, tidak terdapat efek interaksi antar komponen pada respon ini.

Daun kelor secara luas dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang bervariasi dari kategori sedang hingga sangat kuat bergantung pada metode ekstraksi, pelarut, dan konsentrasi yang digunakan, dengan nilai IC_{50} yang dilaporkan berkisar dari puluhan hingga ratusan ppm pada metode DPPH (Tukiran dkk., 2020). Variasi nilai IC_{50} yang cukup lebar pada penelitian ini (102,64–155,59 ppm) sejalan dengan karakteristik tersebut, sekaligus mengindikasikan bahwa aktivitas antioksidan pada sistem produk campuran (matriks kompleks) lebih sulit diprediksi dibandingkan pada ekstrak tunggal, karena adanya kemungkinan interaksi antar senyawa bioaktif, efek dilusi oleh komponen non-antioksidan seperti CMC dan gula dari buah kurma, serta variabilitas analitik pada pengukuran DPPH itu sendiri.

4.1.2 Hasil Analisis Respon Fisik

Analisis respon fisika berupa analisis *sludge volume*

4.1.2.1 Hasil Analisis *Sludge volume*

Sludge volume atau volume endapan merupakan parameter fisik yang menggambarkan tingkat kestabilan suatu sistem dispersi atau suspensi selama penyimpanan. Semakin besar persentase endapan yang terbentuk, semakin rendah kestabilan produk terhadap pemisahan fase (sedimentasi). Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, didapatkan hasil analisis *sludge volume* sebagaimana disajikan pada Tabel 16.

Pengukuran *sludge volume* dilakukan dengan metode sentrifugasi, di mana sampel disentrifugasi pada kecepatan dan waktu tertentu untuk memisahkan fase endapan dari fase cair. Semakin besar volume endapan yang terbentuk, semakin rendah tingkat kestabilan fisik produk, yang dapat mengindikasikan terjadinya sineresis atau pemisahan fase selama penyimpanan. Parameter ini penting dievaluasi karena berkaitan langsung dengan penerimaan konsumen terhadap penampilan fisik produk selama masa simpan.

Tabel 16. Hasil Analisis *Sludge volume*

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Endapan (%)
F1	4	20,75	0,25	1,50
F2	5	19	1	1,10
F3	5	19,5	0,5	3,30
F4	3	21	1	4,50
F5	7	17,5	0,5	3,70
F6	7	18	0	5,70
F7	3	21	1	4,60
F8	3	21,5	0,5	5,00
F9	6	18,25	0,75	4,00
F10	7	17	1	2,80
F11	7	18	0	3,00
F12	5	20	0	10,60
F13	3	22	0	2,90
F14	7	17	1	2,30
F15	7	18	0	2,50
F16	3	22	0	2,40

Berdasarkan Tabel 16, volume endapan produk berkisar antara 1,10–10,60% dengan nilai rata-rata sebesar 3,74%. Nilai endapan tertinggi diperoleh pada formulasi F12 (kelor 5,00%, kurma 20,00%, CMC 0,00%) sebesar 10,60%, yang merupakan salah satu formulasi tanpa penambahan CMC, sedangkan nilai terendah pada formulasi F2 (kelor 5,00%, kurma 19,00%, CMC 1,00%) sebesar 1,10%. Secara umum, formulasi dengan penambahan CMC cenderung menghasilkan volume endapan yang lebih rendah dibandingkan formulasi tanpa CMC (0,00%), sejalan dengan fungsi CMC sebagai bahan penstabil yang mampu meningkatkan viskositas dan mencegah pemisahan fase.

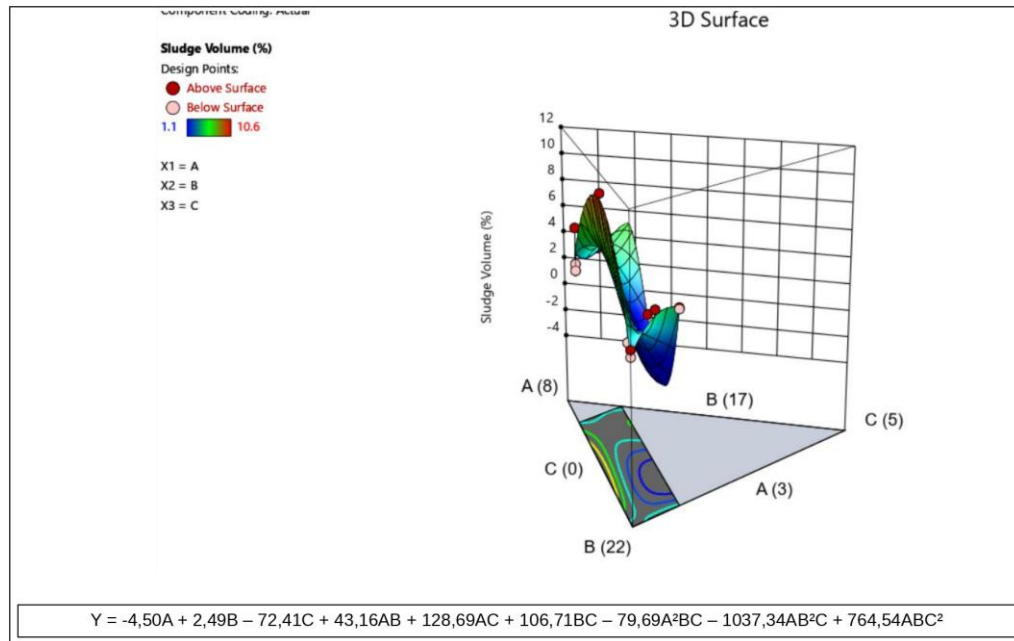
Untuk mengetahui pengaruh proporsi ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma, dan CMC terhadap volume endapan (*sludge volume*), baik secara individual maupun melalui interaksi antar komponen, dilakukan analisis ragam (ANOVA) pada rancangan *Mixture D-Optimal* menggunakan program *Design-Expert*. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen maupun interaksi antar komponen yang berpengaruh signifikan terhadap volume endapan, serta menentukan model polinomial yang paling sesuai untuk menggambarkan hubungan tersebut. Hasil analisis ragam untuk respon *sludge volume* disajikan pada Tabel 17 berikut. Pendekatan ini juga memungkinkan identifikasi kombinasi proporsi bahan yang optimal untuk meminimalkan volume endapan pada produk akhir.

Tabel 17. ANOVA Analisis *Sludge volume*

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	60,31	8	7,54	3,97	0,0427 <i>significant</i>
<i>Linear</i> <i>Mixture</i>	4,46	2	2,23	1,17	0,3633
AB	42,10	1	42,10	22,18	0,0022
AC	1,53	1	1,53	0,8078	0,3986
BC	1,09	1	1,09	0,5720	0,4742
A ² BC	0,1415	1	0,1415	0,0745	0,7927
AB ² C	28,46	1	28,46	15,00	0,0061
ABC ²	1,29	1	1,29	0,6796	0,4369
<i>Residual</i>	13,29	7	1,90		
<i>Lack of Fit</i>	7,10	2	3,55	2,87	0,1477 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	6,18	5	1,24		
<i>Cor Total</i>	73,60	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon *sludge volume* adalah *Special quartic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,0427 dan *F-value* sebesar 3,97, meskipun nilai *p-value* tersebut berada relatif dekat dengan batas signifikansi 0,05. Komponen *Linear Mixture* sendiri tidak signifikan (*p-value* 0,3633), namun interaksi AB (*p-value* 0,0022) dan AB²C (*p-value* 0,0061) menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap respon *sludge volume*, sedangkan suku-suku lain tidak signifikan. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan (*p-value* 0,1477), menunjukkan model masih cukup sesuai dengan data, meskipun signifikansi model secara keseluruhan tergolong lemah.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis *sludge volume* adalah sebesar 3,74% dengan standar deviasi sebesar 1,38. Nilai R^2 sebesar 0,8195 dan *Adjusted R^2* sebesar 0,6132 menunjukkan kesesuaian model yang sedang, namun nilai *Predicted R^2* yang negatif yaitu -0,7596 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediksi yang buruk terhadap data baru. Nilai C.V. yang sangat tinggi yaitu 36,80% turut mengindikasikan tingginya variabilitas data, kemungkinan disebabkan oleh nilai endapan pada formulasi F12 yang jauh lebih tinggi dibandingkan formulasi lainnya (*outlier*). Nilai *Adeq Precision* sebesar 8,7171 yang berada di atas nilai minimum 4 menunjukkan rasio *signal* terhadap *noise* yang masih dapat diterima. Meskipun demikian, hasil ini tetap perlu diinterpretasikan dengan hati-hati mengingat nilai *Predicted R^2* yang negatif mengindikasikan keterbatasan model dalam memprediksi data baru secara akurat.



Gambar 17. Grafik 3D *Surface* Analisis *Sludge volume*

Grafik 3D *Surface* menunjukkan permukaan respon yang cenderung melengkung dengan titik minimum endapan pada kombinasi proporsi CMC yang lebih tinggi, sedangkan volume endapan meningkat tajam pada formulasi dengan proporsi CMC rendah, terutama ketika proporsi ekstrak buah kurma cukup tinggi. Hal ini menegaskan peran penting CMC dalam menjaga kestabilan fisik suspensi produk minuman susu.

Ekstrak daun kelor (A) dan CMC (C) menunjukkan koefisien negatif (-4,50 dan -72,41), yang mengindikasikan bahwa peningkatan proporsi kedua komponen tersebut secara *Linear* cenderung menurunkan volume endapan, sedangkan ekstrak buah kurma (B) menunjukkan koefisien positif kecil (2,49). Komponen dengan kontribusi (*magnitude*) terbesar adalah CMC (C) dengan koefisien -72,41. Interaksi AB, AC, dan

BC seluruhnya bernotasi positif dengan nilai yang cukup besar, menunjukkan bahwa kombinasi antar komponen dapat meningkatkan volume endapan melebihi prediksi efek *Linear* semata, terutama pada interaksi AC.

CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) merupakan bahan penstabil (stabilizer) yang umum digunakan pada industri minuman untuk mencegah pemisahan fase dan pengendapan partikel dalam sistem dispersi, karena kemampuannya meningkatkan viskositas dan membentuk jaringan gel yang menahan partikel tetap terdispersi merata (Tripamungkas, 2015). Semakin tinggi konsentrasi CMC yang ditambahkan pada umumnya berbanding lurus dengan peningkatan viskositas dan penurunan persentase pengendapan, sebagaimana dilaporkan pada penelitian minuman sari kacang hijau dan minuman sari buah jeruk. Kecenderungan koefisien negatif CMC pada persamaan di atas sejalan dengan mekanisme tersebut. Namun demikian, terbentuknya interaksi positif yang kuat antara CMC dengan komponen lain (AC dan BC) menunjukkan bahwa efektivitas CMC sebagai penstabil sangat bergantung pada komposisi bahan lain dalam sistem, terutama kandungan padatan terlarut dan partikel tersuspensi dari ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma yang turut memengaruhi beban kerja bahan penstabil.

Volume endapan tertinggi diperoleh pada formulasi 12 (F12) dengan komposisi ekstrak daun kelor 5,00%, ekstrak buah kurma 20,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 10,60%, sedangkan volume endapan terendah diperoleh pada formulasi 2 (F2) dengan komposisi ekstrak daun kelor 5,00%, ekstrak buah kurma 19,00%, dan CMC 1,00%

yaitu sebesar 1,10%. Perbandingan kedua formulasi ini, yang memiliki proporsi ekstrak daun kelor sama namun berbeda pada kandungan CMC, memperkuat peran krusial CMC dalam menjaga kestabilan fisik produk, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

Sampai saat ini belum terdapat SNI yang secara khusus menetapkan batas maksimum *sludge volume* untuk produk minuman susu, sehingga penilaian kestabilan dilakukan secara relatif antar formulasi. Dari 16 formulasi yang diuji, 15 formulasi menghasilkan endapan sebesar 1,10–5,70% dan hanya satu formulasi, yaitu F12, yang menghasilkan endapan jauh lebih tinggi sebesar 10,60%. Formulasi F12 menggunakan CMC 0,00% dengan proporsi ekstrak buah kurma yang cukup tinggi, yaitu 20,00%, sehingga sistem dispersi tidak memperoleh dukungan viskositas dari bahan penstabil. Kondisi tersebut sejalan dengan prinsip bahwa laju pengendapan partikel berbanding terbalik dengan viskositas fase kontinu, sehingga peningkatan viskositas oleh CMC akan memperlambat pengendapan partikel terdispersi (Imeson, 2010; Anggraini dkk., 2017). Dengan demikian, sebagian besar formulasi pada penelitian ini menunjukkan kestabilan fisik yang tergolong baik, dengan F12 sebagai formulasi paling tidak stabil.

4.1.3 Hasil Analisis Respon Mikrobiologi

4.1.3.1 Hasil Analisis *Total Plate Count*

Total Plate Count (TPC) merupakan parameter mikrobiologi yang digunakan untuk menentukan jumlah total mikroba (Angka Lempeng Total) pada suatu produk pangan, yang berkaitan erat dengan keamanan dan daya simpan produk. Nilai TPC

yang tinggi dapat mengindikasikan kontaminasi mikroba atau kondisi pengolahan yang kurang higienis. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis *Total Plate Count* yang dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Analisis *Total Plate Count*

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Koloni/mL
F1	4	20,75	0,25	$6,30 \times 10^3$
F2	5	19	1	$5,75 \times 10^3$
F3	5	19,5	0,5	$5,64 \times 10^3$
F4	3	21	1	$6,64 \times 10^3$
F5	7	17,5	0,5	$5,19 \times 10^3$
F6	7	18	0	$5,08 \times 10^3$
F7	3	21	1	$6,72 \times 10^3$
F8	3	21,5	0,5	$6,52 \times 10^3$
F9	6	18,25	0,75	$5,42 \times 10^3$
F10	7	17	1	$5,28 \times 10^3$
F11	7	18	0	$5,04 \times 10^3$
F12	5	20	0	$5,54 \times 10^3$
F13	3	22	0	$6,45 \times 10^3$
F14	7	17	1	$5,39 \times 10^3$
F15	7	18	0	$4,95 \times 10^3$
F16	3	22	0	$6,43 \times 10^3$

Berdasarkan hasil analisis, nilai *Total Plate Count* pada seluruh formulasi berkisar antara $4,95\text{--}6,72 \times 10^3$ koloni/mL. Nilai TPC tertinggi diperoleh pada formulasi F7 sebesar $6,72 \times 10^3$ koloni/mL, sedangkan nilai TPC terendah terdapat pada formulasi F15 sebesar $4,95 \times 10^3$ koloni/mL. Berdasarkan SNI 8418:2018, batas maksimum Angka Lempeng Total untuk minuman susu adalah 10^5 koloni/mL. Seluruh

formulasi pada penelitian ini memiliki nilai TPC yang masih jauh di bawah batas maksimum tersebut, sehingga dapat dikatakan telah memenuhi persyaratan keamanan mikrobiologi yang ditetapkan SNI.

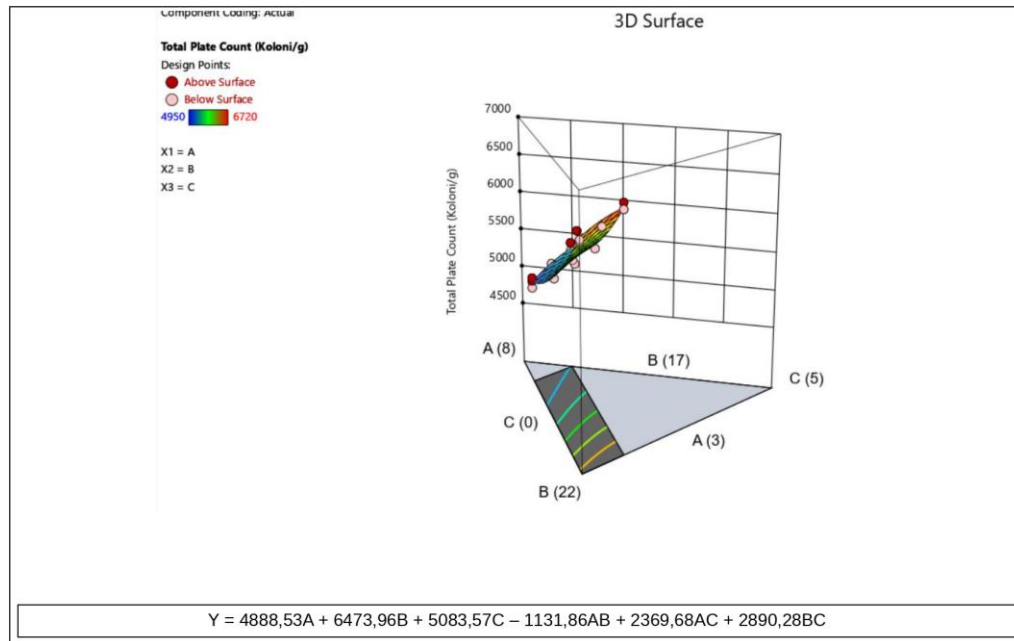
Tabel 19. ANOVA Analisis *Total Plate Count*

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	5,893E+06	5	1,179E+06	115,02	< 0,0001 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	5,805E+06	2	2,902E+06	283,22	< 0,0001
AB	84688,45	1	84688,45	8,26	0,0165
AC	1501,03	1	1501,03	0,1465	0,7099
BC	2157,16	1	2157,16	0,2105	0,6562
<i>Residual</i>	1,025E+05	10	10247,49		
<i>Lack of Fit</i>	84158,24	5	16831,65	4,59	0,0598 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	18316,67	5	3663,33		
<i>Cor Total</i>	5,996E+06	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon *Total Plate Count* adalah *Quadratic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *significant* dengan nilai *p-value* < 0,0001 dan *F-value* sebesar 115,02, yang menunjukkan bahwa kombinasi komponen formulasi memberikan

pengaruh nyata terhadap respon TPC. Komponen *Linear Mixture* menunjukkan pengaruh sangat signifikan ($p\text{-value} < 0,0001$), demikian pula interaksi AB ($p\text{-value}$ 0,0165), sedangkan interaksi AC dan BC tidak signifikan dengan nilai $p\text{-value}$ masing-masing 0,7099 dan 0,6562. Nilai *Lack of Fit* sebesar 4,59 dengan $p\text{-value}$ 0,0598 berada tepat di ambang batas signifikansi 0,05, namun karena nilainya masih sedikit di atas 0,05 maka *Lack of Fit* dapat dikategorikan tidak signifikan, sehingga model masih cukup sesuai untuk menggambarkan data hasil analisis.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis TPC adalah sebesar $5,77 \times 10^3$ koloni/mL dengan standar deviasi sebesar $0,10 \times 10^3$ koloni/mL (101,23 koloni/mL). Nilai R^2 sebesar 0,9829, *Adjusted R²* sebesar 0,9744, serta *Predicted R²* sebesar 0,9647 menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesesuaian yang sangat baik dengan selisih antara *Adjusted R²* dan *Predicted R²* yang kecil. Nilai *Adeq Precision* sebesar 26,3558 yang jauh di atas nilai minimum 4 menunjukkan rasio *signal* terhadap *noise* yang sangat baik, sehingga model dapat digunakan untuk mengevaluasi dan memprediksi respon *Total Plate Count* pada formulasi yang diuji.



Gambar 18. Grafik 3D *Surface* Analisis *Total Plate Count*

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai TPC tertinggi cenderung diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak buah kurma yang lebih tinggi, sedangkan nilai TPC terendah diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak daun kelor yang lebih dominan, sejalan dengan potensi aktivitas antimikroba senyawa bioaktif daun kelor yang dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme dalam produk.

Komponen dengan kontribusi terbesar terhadap nilai TPC adalah ekstrak buah kurma (B) dengan koefisien 6473,96, diikuti CMC (C) sebesar 5083,57 dan ekstrak daun kelor (A) sebesar 4888,53. Interaksi AB bernotasi negatif, yang menunjukkan bahwa peningkatan proporsi ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma secara bersamaan cenderung menurunkan nilai TPC dibandingkan efek *Linearnya*, sedangkan interaksi AC dan BC bernotasi positif.

Tingginya kontribusi ekstrak buah kurma terhadap nilai TPC sejalan dengan sifatnya sebagai sumber gula sederhana yang tinggi (Yoanita, 2015); gula merupakan substrat yang mudah dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme sehingga dapat mendukung pertumbuhan koloni pada media agar. Di sisi lain, ekstrak daun kelor dilaporkan memiliki senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang bekerja merusak membran sel bakteri sehingga memiliki aktivitas antibakteri (Fuglie, 2001). Interaksi negatif antara ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma (AB) pada persamaan di atas dapat dijelaskan oleh kombinasi kedua efek tersebut: pada proporsi tertentu, aktivitas antibakteri dari ekstrak daun kelor mampu menekan potensi peningkatan pertumbuhan mikroba yang disumbang oleh gula dari ekstrak buah kurma.

Nilai TPC tertinggi diperoleh pada formulasi 7 (F7) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 21,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar $6,72 \times 10^3$ koloni/mL, sedangkan nilai TPC terendah diperoleh pada formulasi 15 (F15) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 18,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar $4,95 \times 10^3$ koloni/mL. Pola ini konsisten dengan interpretasi bahwa proporsi ekstrak daun kelor yang lebih tinggi cenderung menekan pertumbuhan mikroba, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.4 Hasil Respon Organoleptik

Analisis respon organoleptik berupa organoleptik dengan metode hedonik dengan atribut Aroma, Rasa, Warna, Tekstur dan *Aftertaste*

Uji hedonik dilakukan oleh panelis menggunakan skala numerik, di mana semakin tinggi nilai yang diberikan menunjukkan semakin tinggi tingkat kesukaan panelis terhadap atribut sensoris yang dinilai. Kelima atribut tersebut dipilih karena secara keseluruhan mewakili aspek-aspek utama yang memengaruhi penerimaan konsumen terhadap produk minuman susu fungsional yang dikembangkan.

4.1.4.1 Hasil Analisis Organoleptik Atribut Aroma

Aroma merupakan salah satu atribut sensoris yang berperan penting dalam menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap suatu produk pangan, termasuk minuman susu. Penilaian aroma dilakukan secara organoleptik oleh panelis menggunakan skala numerik. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil organoleptik aroma yang dapat dilihat pada Tabel 20.

Penambahan ekstrak daun kelor yang memiliki aroma khas langu (*grassy*) serta ekstrak buah kurma yang cenderung memberikan aroma manis diperkirakan menjadi dua faktor utama yang saling memengaruhi tingkat penerimaan panelis terhadap atribut aroma produk. Interaksi antara kedua aroma khas tersebut dengan aroma dasar susu pasteurisasi turut menentukan karakter aroma akhir produk yang dipersepsikan oleh panelis. Kondisi ini penting untuk diperhatikan karena penerimaan konsumen terhadap aroma seringkali menjadi salah satu faktor penentu utama dalam keputusan pembelian produk pangan fungsional berbasis bahan nabati.

Tabel 20. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Aroma

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Aroma
F1	4	20,75	0,25	5,3
F2	5	19	1	4,8
F3	5	19,5	0,5	4,43
F4	3	21	1	4,9
F5	7	17,5	0,5	4,4
F6	7	18	0	4,87
F7	3	21	1	4,77
F8	3	21,5	0,5	4,6
F9	6	18,25	0,75	4,67
F10	7	17	1	4,2
F11	7	18	0	4,47
F12	5	20	0	4,5
F13	3	22	0	4,27
F14	7	17	1	4,33
F15	7	18	0	4,43
F16	3	22	0	4,53

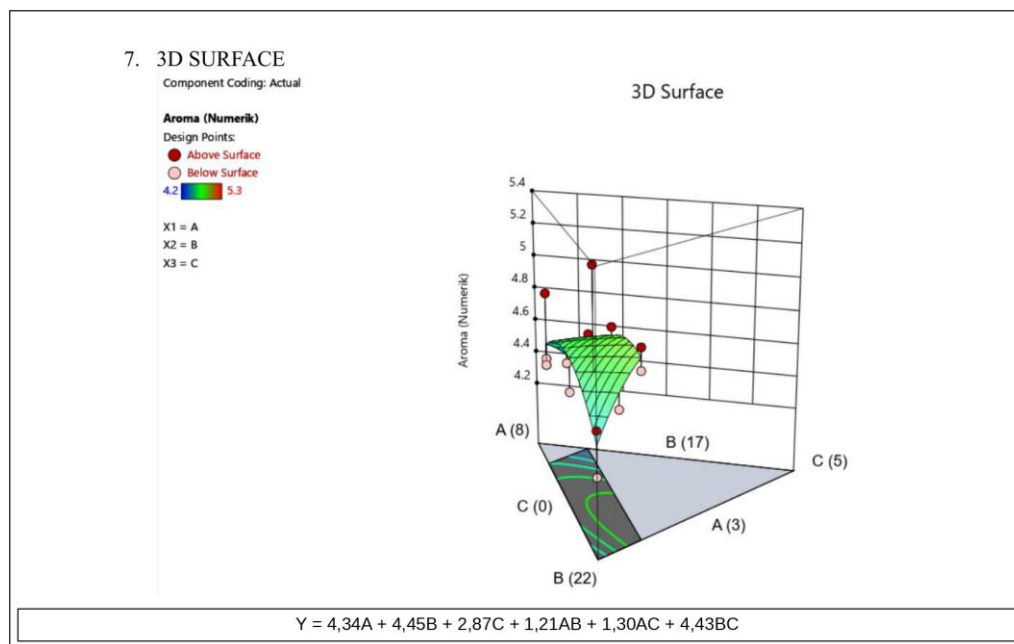
Berdasarkan hasil analisis, nilai aroma pada seluruh formulasi berkisar antara 4,2–5,3. Nilai aroma tertinggi diperoleh pada formulasi F1 sebesar 5,3, sedangkan nilai aroma terendah terdapat pada formulasi F10 sebesar 4,2. Nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat kesukaan panelis terhadap aroma produk berada pada kategori netral hingga suka.

Tabel 21. ANOVA Organoleptik Atribut Aroma

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	0,5034	5	0,1007	1,45	0,2875 <i>not significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,1447	2	0,0724	1,04	0,3877
AB	0,0975	1	0,0975	1,41	0,2632
AC	0,0005	1	0,0005	0,0065	0,9371
BC	0,0051	1	0,0051	0,0731	0,7924
<i>Residual</i>	0,6936	10	0,0694		
<i>Lack of Fit</i>	0,5245	5	0,1049	3,10	0,1198 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,1691	5	0,0338		
<i>Cor Total</i>	1,20	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon aroma adalah *Quadratic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *not significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,2875 dan *F-value* sebesar 1,45, yang berarti kombinasi komponen formulasi yang diuji tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penilaian aroma oleh panelis. Seluruh suku model, termasuk *Linear Mixture*, AB, AC, dan BC menunjukkan nilai *p-value* lebih besar dari 0,05. Nilai *Lack of Fit* juga tidak signifikan (*p-value* 0,1198). Hal ini menunjukkan bahwa proporsi ketiga komponen formulasi belum tentu menjadi faktor utama yang memengaruhi persepsi aroma panelis, yang kemungkinan lebih dipengaruhi oleh faktor sensoris lain di luar variabel yang diuji.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis aroma adalah sebesar 4,59 dengan standar deviasi sebesar 0,2634. Nilai R^2 sebesar 0,4206, *Adjusted R²* sebesar 0,1309, serta *Predicted R²* yang bernilai negatif yaitu -0,1990 menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesesuaian dan kemampuan prediksi yang rendah. Nilai *Adeq Precision* sebesar 3,6374 yang berada di bawah nilai minimum 4 turut menegaskan bahwa model belum dapat digunakan secara andal untuk memprediksi respon aroma pada formulasi lain.



Gambar 19. Grafik 3D *Surface* Organoleptik Atribut Aroma

Grafik 3D *Surface* menunjukkan permukaan respon yang relatif datar pada sebagian besar area desain, dengan sedikit peningkatan nilai aroma pada area dengan proporsi ekstrak daun kelor rendah, sejalan dengan hasil ANOVA yang menunjukkan model tidak signifikan terhadap respon aroma. Meskipun demikian, secara deskriptif

nilai aroma pada seluruh formulasi masih berada pada kategori netral hingga suka, yang mengindikasikan bahwa penambahan ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma pada rentang konsentrasi yang diuji tidak menimbulkan penolakan sensoris yang berarti terhadap atribut aroma produk. Hal ini menunjukkan bahwa produk minuman fungsional yang dikembangkan pada penelitian ini secara umum masih dapat diterima dengan baik oleh panelis dari segi aroma. Karakter aroma yang cenderung netral hingga disukai ini juga membuka peluang bagi produk untuk diterima oleh segmen konsumen yang lebih luas, termasuk konsumen yang belum terbiasa dengan aroma khas produk berbasis daun kelor. Meskipun model secara statistik tidak signifikan, secara deskriptif komponen dengan kontribusi terbesar adalah ekstrak buah kurma (B) dengan koefisien 4,45, diikuti ekstrak daun kelor (A) sebesar 4,34 dan CMC (C) sebesar 2,87. Interaksi BC menunjukkan koefisien positif yang cukup besar (4,43), yang mengindikasikan kombinasi ekstrak buah kurma dan CMC berpotensi memperkuat kesukaan panelis terhadap aroma produk.

Aroma khas daun kelor umumnya dideskripsikan sebagai aroma langu (*grassy/earthy*) yang cukup kuat, sehingga pada beberapa produk pangan penambahan daun kelor dalam jumlah besar justru dilaporkan dapat menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap aroma akibat aroma langu yang semakin menonjol. Di sisi lain, ekstrak buah kurma memiliki aroma manis khas buah kering yang cenderung disukai dan dapat menutupi (*masking*) aroma langu daun kelor pada proporsi tertentu. Hal ini sejalan dengan nilai koefisien B (ekstrak buah kurma) yang relatif tinggi pada persamaan di

atas, yang mengindikasikan peran ekstrak buah kurma dalam menyeimbangkan aroma produk secara keseluruhan.

Karakter sensoris tersebut berkaitan dengan kandungan senyawa tanin dan alkaloid pada daun kelor yang menimbulkan kesan getir dan aroma khas (Kasolo et al., 2010), serta senyawa volatil golongan aldehida dan alkohol yang terbentuk dari degradasi enzimatis asam lemak tak jenuh pada jaringan daun (Gopalakrishnan et al., 2016). Pada penelitian ini, aroma langu tersebut diduga tertutupi oleh aroma manis khas ekstrak buah kurma serta karakter *creamy* dari susu, sehingga penilaian panelis terhadap aroma relatif seragam pada seluruh formulasi dan menghasilkan model yang tidak signifikan.

Nilai hedonik aroma tertinggi diperoleh pada formulasi 1 (F1) dengan komposisi ekstrak daun kelor 4,00%, ekstrak buah kurma 20,75%, dan CMC 0,25% yaitu sebesar 5,3, sedangkan nilai terendah diperoleh pada formulasi 10 (F10) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 17,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 4,2. Pola ini menunjukkan kecenderungan bahwa proporsi ekstrak daun kelor yang lebih rendah dan ekstrak buah kurma yang lebih tinggi cenderung disukai panelis dari segi aroma, meskipun perbedaan ini belum signifikan secara statistik, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.4.2 Hasil Analisis Organoleptik Atribut Rasa

Rasa merupakan atribut sensoris utama yang sangat memengaruhi tingkat penerimaan konsumen terhadap produk minuman susu. Penilaian rasa dilakukan secara organoleptik oleh panelis menggunakan skala numerik. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis rasa yang dapat dilihat pada Tabel 22.

Penambahan ekstrak buah kurma yang memiliki rasa manis alami serta ekstrak daun kelor yang cenderung memberikan rasa langu diperkirakan menjadi faktor utama yang memengaruhi tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa produk. Keseimbangan proporsi kedua komponen tersebut menjadi kunci dalam menghasilkan produk dengan penerimaan rasa yang optimal.

Tabel 22. Hasil Analisis Organoleptik Rasa

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Rasa
F1	4	20,75	0,25	4,57
F2	5	19	1	3,87
F3	5	19,5	0,5	4,43
F4	3	21	1	4,8
F5	7	17,5	0,5	3,87
F6	7	18	0	4,43
F7	3	21	1	4,63
F8	3	21,5	0,5	4,8
F9	6	18,25	0,75	4,33
F10	7	17	1	3,87
F11	7	18	0	5,13
F12	5	20	0	4,8
F13	3	22	0	4,43
F14	7	17	1	3,87
F15	7	18	0	4,57
F16	3	22	0	5,07

Berdasarkan hasil analisis, nilai rasa pada seluruh formulasi berkisar antara 3,87–5,13. Nilai rasa tertinggi diperoleh pada formulasi F11 sebesar 5,13, sedangkan nilai rasa terendah terdapat pada beberapa formulasi (F2, F5, F10, F14) yang sama-sama bernilai 3,87. Secara umum, nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat penerimaan rasa panelis berada pada kategori netral hingga suka.

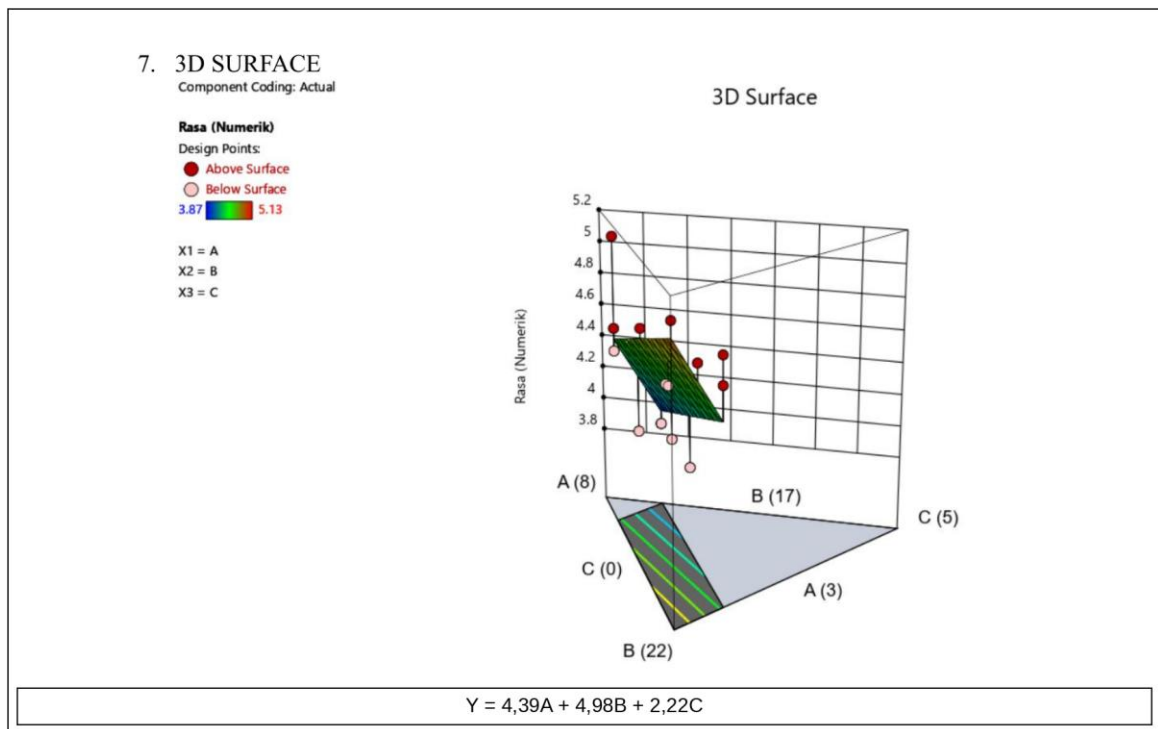
Tabel 23. ANOVA Organoleptik Atribut Rasa

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	1,44	2	0,7224	7,91	0,0057 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	1,44	2	0,7224	7,91	0,0057
<i>Residual</i>	1,19	13	0,0913		
<i>Lack of Fit</i>	0,6937	8	0,0867	0,8783	0,5866 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,4937	5	0,0987		
<i>Cor Total</i>	2,63	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon rasa adalah *Linear*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model *Linear* ini menunjukkan hasil *significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,0057 dan *F-value* sebesar 7,91, yang menunjukkan bahwa proporsi komposisi bahan dalam formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap respon rasa. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan (*p-value* 0,5866), menunjukkan model memiliki kesesuaian yang baik dengan data hasil analisis.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis rasa adalah sebesar 4,47 dengan standar deviasi sebesar 0,3022. Nilai R^2 sebesar 0,5489 dan *Adjusted R²* sebesar 0,4795 menunjukkan kesesuaian model pada tingkat sedang, sedangkan *Predicted R²* sebesar 0,2707 menunjukkan kemampuan

prediksi model yang masih cukup terbatas namun masih dalam rentang yang wajar untuk data sensoris. Nilai *Adeq Precision* sebesar 7,8083 yang berada di atas nilai minimum 4 menunjukkan bahwa rasio *signal* terhadap *noise* masih dapat diterima untuk menjelajahi ruang desain.



Gambar 20. Grafik 3D *Surface* Organoleptik Atribut Rasa

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai rasa tertinggi diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak buah kurma yang lebih tinggi, sesuai dengan hasil persamaan model dimana komponen B memiliki koefisien positif terbesar. Sebaliknya, nilai rasa terendah cenderung diperoleh pada formulasi dengan proporsi CMC yang lebih tinggi.

Komponen dengan kontribusi terbesar terhadap kesukaan rasa adalah ekstrak buah kurma (B) dengan koefisien 4,98, diikuti ekstrak daun kelor (A) sebesar 4,39 dan CMC (C) sebesar 2,22. Karena model bersifat *Linear*, hubungan antar komponen terhadap rasa bersifat aditif tanpa efek interaksi yang signifikan.

Tingginya kontribusi ekstrak buah kurma terhadap kesukaan rasa sejalan dengan sifat alaminya sebagai buah dengan rasa manis yang kuat akibat kandungan gula (fruktosa dan glukosa) yang tinggi, sehingga umum dimanfaatkan sebagai pemanis alami pada berbagai produk pangan dan minuman fermentasi. Rasa manis dari kurma pada umumnya dapat menutupi rasa pahit atau sepat (*astringent*) yang berasal dari senyawa tanin pada daun kelor, yang diketahui dapat membentuk ikatan silang dengan protein di rongga mulut sehingga menimbulkan sensasi pahit atau sepat apabila proporsinya terlalu tinggi (Yulianti, 2008). Hal ini menjelaskan mengapa proporsi ekstrak daun kelor yang lebih rendah cenderung menghasilkan nilai kesukaan rasa yang lebih tinggi pada beberapa formulasi.

Nilai hedonik rasa tertinggi diperoleh pada formulasi 11 (F11) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 18,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 5,13, sedangkan nilai terendah diperoleh pada formulasi 2 (F2), 5 (F5), dan 14 (F14) yang seluruhnya menghasilkan nilai sebesar 3,87. Pola ini konsisten dengan interpretasi bahwa proporsi ekstrak buah kurma yang lebih tinggi berkontribusi terhadap peningkatan kesukaan rasa, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.4.3 Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna

Warna merupakan salah satu parameter sensoris yang menjadi penentu kesan pertama konsumen terhadap suatu produk pangan. Penilaian warna dilakukan secara organoleptik oleh panelis menggunakan skala numerik. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis warna yang dapat dilihat pada Tabel 24.

Warna produk pada penelitian ini dipengaruhi oleh interaksi antara warna hijau alami dari ekstrak daun kelor, warna kecokelatan dari ekstrak buah kurma, serta warna putih dari basis susu. Kombinasi ketiga komponen tersebut menghasilkan variasi warna pada setiap formulasi, yang selanjutnya dinilai tingkat penerimaannya oleh panelis melalui uji hedonik. Perubahan intensitas warna hijau pada produk juga dapat dijadikan indikator visual sederhana bagi konsumen mengenai proporsi ekstrak daun kelor yang ditambahkan dalam formulasi. Dengan demikian, evaluasi sensoris terhadap warna produk turut menjadi pertimbangan penting dalam menentukan formulasi yang paling disukai oleh panelis. Selain itu, tingkat kecerahan dan intensitas warna hijau yang dihasilkan juga dapat memengaruhi persepsi konsumen terhadap kesegaran dan kealamian produk minuman fungsional berbasis daun kelor.

Tabel 24. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Warna
F1	4	20,75	0,25	4,83
F2	5	19	1	4,3
F3	5	19,5	0,5	3,93
F4	3	21	1	4,6
F5	7	17,5	0,5	3,83
F6	7	18	0	4,73
F7	3	21	1	4,17
F8	3	21,5	0,5	4,57
F9	6	18,25	0,75	4,53
F10	7	17	1	4,3
F11	7	18	0	4,6
F12	5	20	0	4,43
F13	3	22	0	4,33
F14	7	17	1	4,47
F15	7	18	0	4,73
F16	3	22	0	5,03

Berdasarkan hasil analisis, nilai warna pada seluruh formulasi berkisar antara 3,83–5,03. Nilai warna tertinggi diperoleh pada formulasi F16 sebesar 5,03, sedangkan nilai warna terendah terdapat pada formulasi F5 sebesar 3,83. Nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat penerimaan panelis terhadap warna produk secara umum berada pada kategori netral hingga suka.

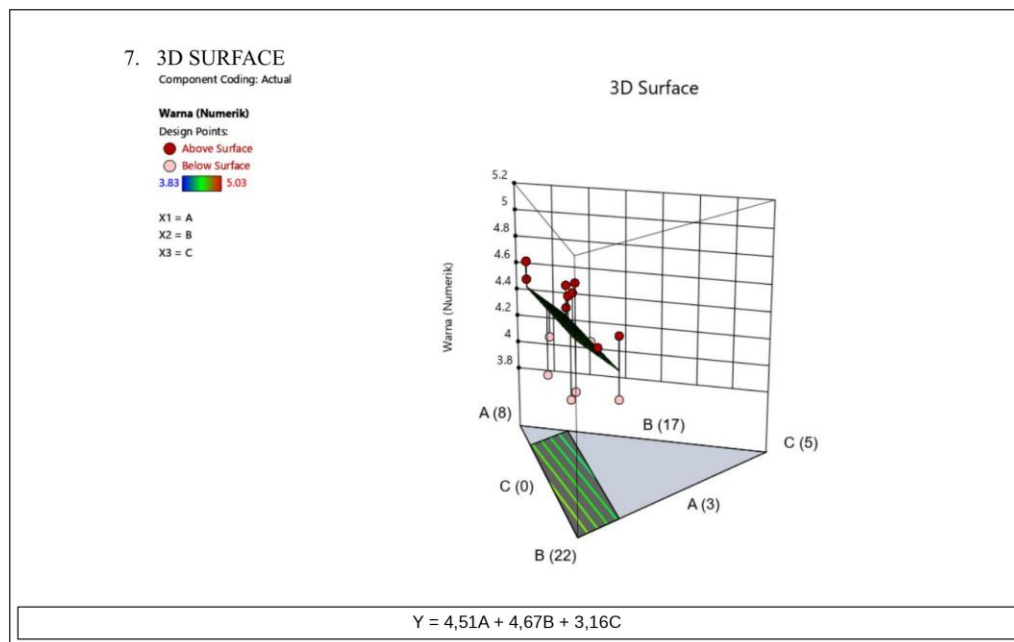
Tabel 25. ANOVA Organoleptik Atribut Warna

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	0,2972	2	0,1486	1,61	0,2367 <i>not significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,2972	2	0,1486	1,61	0,2367
<i>Residual</i>	1,20	13	0,0921		
<i>Lack of Fit</i>	0,8344	8	0,1043	1,44	0,3588 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,3632	5	0,0726		
<i>Cor Total</i>	1,49	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon warna adalah *Linear*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *not significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,2367 dan *F-value* sebesar 1,61, yang berarti proporsi komposisi bahan dalam formulasi belum memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penilaian warna oleh panelis. Nilai *Lack of Fit* juga tidak signifikan (*p-value* 0,3588). Hal ini mengindikasikan bahwa persepsi warna panelis relatif konsisten meskipun proporsi ketiga komponen bervariasi, yang kemungkinan

disebabkan oleh dominasi warna dari proses pengolahan produk yang relatif seragam pada seluruh formulasi.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil organoleptik warna adalah sebesar 4,46 dengan standar deviasi sebesar 0,3035. Nilai R^2 sebesar 0,1988, *Adjusted R²* sebesar 0,0756, serta *Predicted R²* yang bernilai negatif yaitu -0,1580 menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesesuaian dan kemampuan prediksi yang sangat rendah. Nilai *Adeq Precision* sebesar 3,2511 yang berada di bawah nilai minimum 4 turut menegaskan bahwa model belum dapat digunakan secara andal untuk memprediksi respon warna pada formulasi lain.



Gambar 21. Grafik 3D *Surface* Organoleptik Atribut Warna

Grafik 3D *Surface* menunjukkan permukaan respon yang relatif datar pada sebagian besar area desain, dengan variasi nilai warna yang kecil antartitik formulasi,

sejalan dengan hasil ANOVA yang menunjukkan model tidak signifikan terhadap respon warna.

Secara deskriptif, komponen dengan kontribusi terbesar terhadap kesukaan warna adalah ekstrak buah kurma (B) dengan koefisien 4,67, diikuti ekstrak daun kelor (A) sebesar 4,51 dan CMC (C) sebesar 3,16. Karena model tidak signifikan, perbedaan antar koefisien ini tidak dapat diinterpretasikan sebagai perbedaan yang meyakinkan secara statistik.

Warna hijau pada produk berbasis daun kelor umumnya berasal dari kandungan klorofil, pigmen alami yang memberikan warna hijau khas pada daun-daunan (Winarno, 2004). Klorofil bersifat tidak stabil dan mudah terdegradasi oleh pengaruh pemanasan, cahaya, dan pH, yang dapat menyebabkan perubahan warna dari hijau cerah menjadi kehijauan pudar atau kecokelatan selama proses pengolahan. Ketidakstabilan statistik pada model warna dalam penelitian ini kemungkinan turut dipengaruhi oleh variasi degradasi klorofil antar ulangan formulasi selama proses pengolahan, di luar dari proporsi ketiga komponen yang diuji, sehingga preferensi panelis terhadap warna relatif merata di antara berbagai formulasi.

Nilai hedonik warna tertinggi diperoleh pada formulasi 16 (F16) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 22,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 5,03, sedangkan nilai terendah diperoleh pada formulasi 5 (F5) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 17,50%, dan CMC 0,50%

yaitu sebesar 3,83. Meskipun model tidak signifikan, pola deskriptif ini tetap dapat menjadi bahan pertimbangan awal, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.4.4 Hasil Analisis Organoleptik Atribut Tekstur

Tekstur merupakan atribut sensoris yang berkaitan dengan sifat fisik produk saat dikonsumsi, seperti kekentalan dan kehalusan, yang turut memengaruhi penerimaan konsumen terhadap minuman susu. Penilaian tekstur dilakukan secara organoleptik oleh panelis menggunakan skala numerik. Berdasarkan formulasi yang ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis tekstur yang dapat dilihat pada Tabel 26.

Tekstur produk pada penelitian ini banyak dipengaruhi oleh penambahan CMC sebagai bahan penstabil, yang berperan dalam meningkatkan viskositas dan memberikan kesan kental pada produk. Proporsi CMC yang tepat diharapkan mampu menghasilkan tekstur yang disukai panelis tanpa membuat produk menjadi terlalu kental atau justru terlalu encer. Selain CMC, proporsi ekstrak buah kurma yang mengandung serat dan pektin alami turut memberikan kontribusi terhadap kekentalan produk, meskipun pengaruhnya relatif lebih kecil dibandingkan CMC. Interaksi antara CMC dan kedua ekstrak bahan baku lainnya turut memengaruhi karakteristik tekstur akhir produk, sehingga perlu dikaji lebih lanjut melalui analisis ragam.

Tabel 26. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Tekstur

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	Tekstur
F1	4	20,75	0,25	4,79
F2	5	19	1	4,76
F3	5	19,5	0,5	4,1
F4	3	21	1	4,31
F5	7	17,5	0,5	4,17
F6	7	18	0	4,62
F7	3	21	1	4,14
F8	3	21,5	0,5	4,17
F9	6	18,25	0,75	4,52
F10	7	17	1	4
F11	7	18	0	4,69
F12	5	20	0	4,9
F13	3	22	0	4,69
F14	7	17	1	4,41
F15	7	18	0	4,72
F16	3	22	0	5,03

Berdasarkan hasil analisis, nilai tekstur pada seluruh formulasi berkisar antara 4,0–5,03. Nilai tekstur tertinggi diperoleh pada formulasi F16 sebesar 5,03, sedangkan nilai tekstur terendah terdapat pada formulasi F10 sebesar 4,0. Nilai-nilai tersebut menunjukkan tingkat penerimaan panelis terhadap tekstur produk secara umum berada pada kategori netral hingga suka.

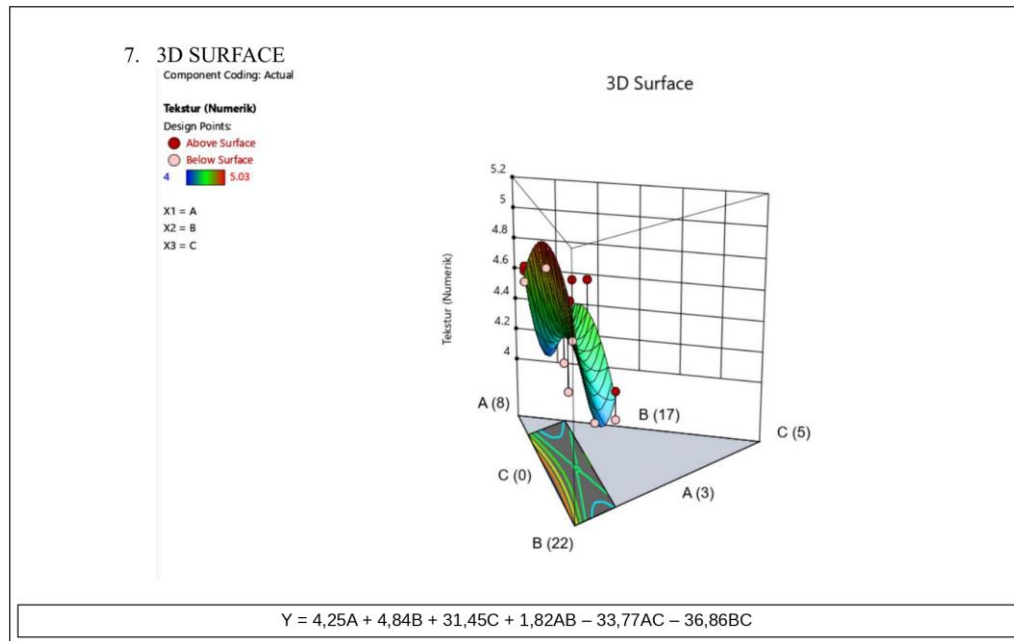
Tabel 27. ANOVA Organoleptik Atribut Tekstur

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	1,11	5	0,2211	5,21	0,0130 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,6396	2	0,3198	7,54	0,0101
AB	0,2193	1	0,2193	5,17	0,0463
AC	0,3049	1	0,3049	7,19	0,0231
BC	0,3508	1	0,3508	8,27	0,0165
<i>Residual</i>	0,4243	10	0,0424		
<i>Lack of Fit</i>	0,2627	5	0,0525	1,63	0,3033 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,1616	5	0,0323		
<i>Cor Total</i>	1,53	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon tekstur adalah *Quadratic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,0130 dan *F-value* sebesar 5,21, yang menunjukkan bahwa kombinasi komponen formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap penilaian tekstur oleh panelis. Komponen *Linear Mixture* signifikan (*p-value* 0,0101), demikian pula interaksi AB (*p-value* 0,0463), AC (*p-value* 0,0231), dan BC (*p-value* 0,0165). Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan (*p-value* 0,3033), menunjukkan model memiliki kesesuaian yang baik dengan data hasil analisis.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis respon tekstur adalah sebesar 4,50 dengan standar deviasi sebesar

0,2060. Nilai R^2 sebesar 0,7226 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 72,26% variasi respon tekstur, sedangkan 27,74% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model. Nilai *Adjusted R²* sebesar 0,5839 dan *Predicted R²* sebesar 0,2764 memiliki selisih sebesar 0,3075 ($>0,2$), yang menunjukkan bahwa kemampuan model dalam memprediksi respon tekstur masih kurang baik sehingga diperlukan kehati-hatian dalam penggunaan model untuk prediksi. Menurut pedoman *Design-Expert*, selisih antara nilai *Adjusted R²* dan *Predicted R²* yang lebih dari 0,2 mengindikasikan bahwa model kemungkinan memerlukan perbaikan, seperti reduksi model, transformasi data, atau adanya pengaruh data yang tidak sesuai (*outlier*). Meskipun demikian, nilai *Adeq Precision* sebesar 7,4162 telah melebihi nilai minimum yang direkomendasikan yaitu 4, sehingga model masih memiliki rasio *signal-to-noise* yang memadai dan dapat digunakan untuk mengevaluasi *design space* pada respon tekstur.



Gambar 22. Grafik 3D *Surface* Organoleptik Atribut Tekstur

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai tekstur tertinggi diperoleh pada formulasi dengan proporsi ekstrak buah kurma yang tinggi disertai CMC rendah, sedangkan nilai tekstur terendah diperoleh pada formulasi dengan proporsi CMC tinggi disertai ekstrak daun kelor yang tinggi. Komponen dengan koefisien terbesar pada persamaan adalah CMC (C) sebesar 31,45, jauh lebih besar dibandingkan ekstrak buah kurma (B) sebesar 4,84 dan ekstrak daun kelor (A) sebesar 4,25. Sebagaimana pada respon kadar gula total, nilai koefisien C yang besar tersebut tidak dapat dibaca secara langsung sebagai pengaruh CMC yang paling menguntungkan, karena rentang CMC yang diuji sangat sempit yaitu 0,00–1,00% sehingga koefisiennya merupakan hasil ekstrapolasi terhadap kondisi yang tidak terdapat pada rancangan. Pengaruh CMC yang sesungguhnya ditentukan bersama suku interaksinya, yaitu AC dan BC yang bernotasi negatif dengan

nilai besar, berturut-turut -33,77 dan -36,86. Kedua interaksi negatif tersebut meniadakan efek positif koefisien tunggal CMC, sehingga secara keseluruhan penambahan CMC justru menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur. Hal ini konsisten dengan data pada Tabel 26, di mana rata-rata nilai tekstur pada formulasi tanpa CMC sebesar 4,78 lebih tinggi dibandingkan formulasi dengan CMC 1,00% yang hanya sebesar 4,32, serta sejalan dengan hasil optimasi yang menetapkan proporsi CMC optimal sebesar 0,00%.

Hasil ini konsisten dengan fungsi utama CMC sebagai bahan penstabil dan pengental (*thickener*) yang bekerja dengan cara meningkatkan viskositas larutan melalui pembentukan jaringan matriks yang mengikat molekul air, sehingga memberikan sensasi kental (*mouthfeel*) yang lebih disukai konsumen pada konsentrasi optimal. Namun demikian, penggunaan bahan penstabil dalam konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan larutan menjadi terlalu kental sehingga justru menurunkan tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur produk. Interaksi negatif yang kuat antara CMC dengan kedua ekstrak pada persamaan di atas mengindikasikan adanya titik keseimbangan (*trade-off*) antara efek penstabilan CMC dengan kandungan padatan dari ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma, di mana kombinasi proporsi yang tidak tepat dapat menghasilkan tekstur yang terlalu kental atau justru kurang kental.

CMC bekerja dengan mengikat molekul air melalui gugus karboksil dan hidroksilnya sehingga membentuk jaringan matriks yang meningkatkan viskositas larutan (Imeson, 2010). Peningkatan viskositas tersebut memberikan kesan *mouthfeel*

yang lebih penuh dan lembut di mulut, yang pada uji hedonik umumnya dinilai lebih disukai oleh panelis. Hal serupa dilaporkan pada minuman madu sari apel, di mana penambahan CMC meningkatkan viskositas dan memperbaiki penerimaan panelis terhadap tekstur produk (Anggraini dkk., 2017). Meskipun demikian, penambahan CMC yang berlebihan dapat menyebabkan produk menjadi terlalu kental sehingga justru menurunkan penerimaan sensoris, sebagaimana terlihat pada formulasi dengan proporsi CMC tertinggi pada penelitian ini.

Nilai hedonik tekstur tertinggi diperoleh pada formulasi 16 (F16) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 22,00%, dan CMC 0,00% yaitu sebesar 5,03, sedangkan nilai terendah diperoleh pada formulasi 10 (F10) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 17,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 4,00. Menariknya, formulasi dengan CMC 0,00% justru memperoleh nilai kesukaan tekstur tertinggi, yang mengindikasikan bahwa panelis pada penelitian ini cenderung menyukai tekstur yang tidak terlalu kental, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.4.5 Hasil Analisis Organoleptik Atribut *Aftertaste*

Aftertaste atau kesan akhir merupakan atribut sensoris yang menggambarkan rasa yang tertinggal di mulut setelah produk dikonsumsi, yang turut memengaruhi penerimaan konsumen secara keseluruhan. Penilaian *aftertaste* dilakukan secara organoleptik oleh panelis menggunakan skala numerik. Berdasarkan formulasi yang

ditentukan oleh program *Design-Expert*, diperoleh hasil analisis *aftertaste* yang dapat dilihat pada Tabel 28.

Penilaian *aftertaste* menjadi penting karena kesan akhir yang tertinggal di mulut turut memengaruhi keputusan konsumen untuk mengonsumsi kembali produk tersebut. Kombinasi rasa manis dari ekstrak buah kurma dan kesan pahit atau sepat ringan dari ekstrak daun kelor berpotensi memengaruhi persepsi *aftertaste* secara keseluruhan pada produk minuman fungsional ini.

Tabel 28. Hasil Analisis Organoleptik Atribut *Aftertaste*

Formula	Ekstrak Daun Kelor (%)	Ekstrak Buah Kurma (%)	CMC (%)	<i>Aftertaste</i>
F1	4	20,75	0,25	4,63
F2	5	19	1	4,33
F3	5	19,5	0,5	4,2
F4	3	21	1	4,6
F5	7	17,5	0,5	4,17
F6	7	18	0	4,53
F7	3	21	1	4,77
F8	3	21,5	0,5	4,5
F9	6	18,25	0,75	4,57
F10	7	17	1	4,07
F11	7	18	0	4,47
F12	5	20	0	4,73
F13	3	22	0	4,37
F14	7	17	1	4,03
F15	7	18	0	4,63
F16	3	22	0	4,73

Berdasarkan hasil analisis, nilai *aftertaste* pada seluruh formulasi berkisar antara 4,03–4,77. Nilai *aftertaste* tertinggi diperoleh pada formulasi F7 sebesar 4,77, sedangkan nilai *aftertaste* terendah terdapat pada formulasi F14 sebesar 4,03. Nilai-

nilai tersebut menunjukkan tingkat penerimaan panelis terhadap kesan akhir produk secara umum berada pada kategori netral hingga suka.

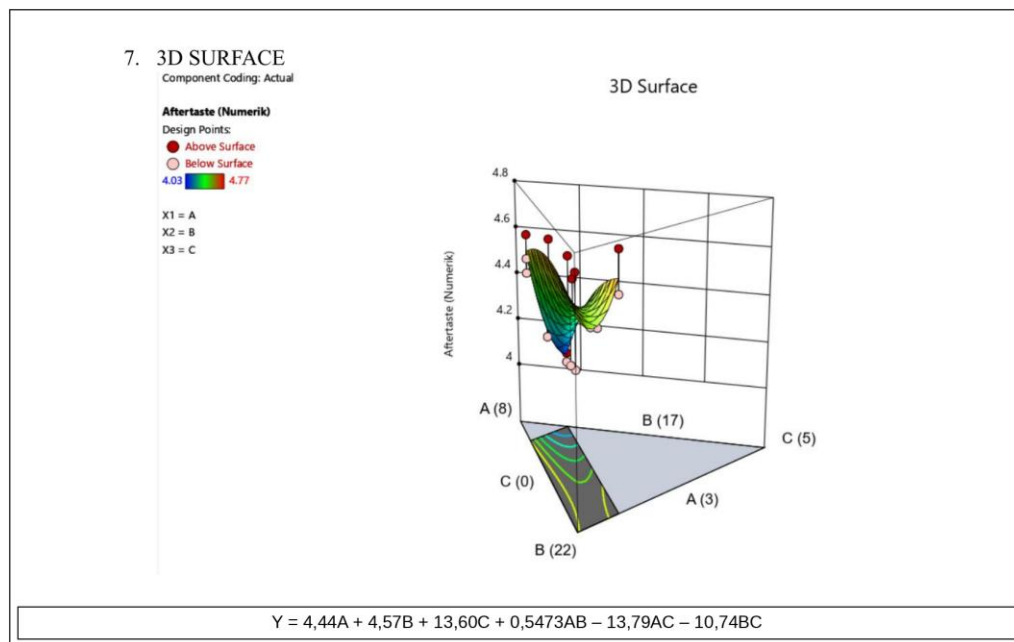
Tabel 29. ANOVA Organoleptik Atribut *Aftertaste*

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-value</i>	<i>p-value</i>
<i>Model</i>	0,5851	5	0,1170	4,39	0,0224 <i>significant</i>
<i>Linear Mixture</i>	0,3583	2	0,1792	6,72	0,0141
AB	0,0198	1	0,0198	0,7429	0,4089
AC	0,0509	1	0,0509	1,91	0,1972
BC	0,0298	1	0,0298	1,12	0,3151
<i>Residual</i>	0,2665	10	0,0267		
<i>Lack of Fit</i>	0,1734	5	0,0347	1,86	0,2558 <i>not significant</i>
<i>Pure Error</i>	0,0931	5	0,0186		
<i>Cor Total</i>	0,8516	15			

Model polinomial yang disarankan oleh *software Design-Expert* untuk respon *aftertaste* adalah *Quadratic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA, model ini menunjukkan hasil *significant* dengan nilai *p-value* sebesar 0,0224 dan *F-value* sebesar 4,39, yang menunjukkan bahwa kombinasi komponen formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap penilaian *aftertaste* oleh panelis. Komponen *Linear Mixture* signifikan (*p-value* 0,0141), sedangkan interaksi AB, AC, dan BC tidak signifikan dengan nilai *p-value* masing-masing 0,4089; 0,1972; dan 0,3151. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan

(*p-value* 0,2558), menunjukkan model memiliki kesesuaian yang baik dengan data hasil analisis.

Fit Statistics hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 13. Nilai rata-rata (*mean*) hasil analisis *aftertaste* adalah sebesar 4,46 dengan standar deviasi sebesar 0,1633. Nilai R^2 sebesar 0,6871 dan *Adjusted R²* sebesar 0,5306 menunjukkan kesesuaian model pada tingkat sedang hingga baik, sedangkan *Predicted R²* sebesar 0,2556 menunjukkan kemampuan prediksi model yang masih terbatas. Nilai *Adeq Precision* sebesar 5,9354 yang berada di atas nilai minimum 4 menunjukkan bahwa rasio *signal* terhadap *noise* masih dapat diterima untuk menjelajahi ruang desain.



Gambar 23. Grafik 3D *Surface* Organoleptik Atribut *Aftertaste*

Berdasarkan grafik 3D *Surface*, nilai *aftertaste* tertinggi cenderung diperoleh pada formulasi dengan keseimbangan proporsi CMC dan ekstrak buah kurma,

sedangkan nilai *aftertaste* terendah diperoleh pada kombinasi proporsi ekstrak daun kelor yang tinggi disertai CMC rendah, yang kemungkinan menimbulkan kesan akhir yang sedikit pahit khas daun kelor.

Komponen dengan kontribusi terbesar terhadap kesukaan *aftertaste* adalah CMC (C) dengan koefisien 13,60, diikuti ekstrak buah kurma (B) sebesar 4,57 dan ekstrak daun kelor (A) sebesar 4,44. Interaksi AC dan BC bernotasi negatif dengan nilai yang cukup besar (-13,79 dan -10,74), yang menunjukkan bahwa kombinasi CMC dengan kedua ekstrak dapat menurunkan kesukaan *aftertaste* dibandingkan efek *Linear* CMC saja, sedangkan interaksi AB bernotasi positif kecil.

Aftertaste yang menyenangkan pada produk berbasis daun kelor umumnya diperoleh melalui keseimbangan antara rasa manis alami dari ekstrak buah kurma dengan kesan pahit atau sepat ringan yang berasal dari senyawa tanin pada ekstrak daun kelor, sebagaimana tanin diketahui dapat menimbulkan rasa pahit atau sepat melalui pembentukan ikatan silang dengan protein pada rongga mulut apabila kadarnya cukup tinggi (Yulianti, 2008; Azizah, 2015). Peran CMC sebagai bahan penstabil turut memengaruhi persepsi *aftertaste* melalui mekanisme pelapisan (coating) pada permukaan mukosa mulut, yang dapat memperlambat pelepasan dan persepsi senyawa rasa residual sehingga *aftertaste* terkesan lebih bersih dan tidak terlalu tajam. Kontribusi CMC yang dominan pada persamaan di atas sejalan dengan mekanisme tersebut, meskipun interaksinya dengan kedua ekstrak menunjukkan bahwa efektivitas

CMC dalam memperbaiki *aftertaste* bergantung pada keseimbangan proporsi bahan lain dalam formulasi.

Nilai hedonik *aftertaste* tertinggi diperoleh pada formulasi 7 (F7) dengan komposisi ekstrak daun kelor 3,00%, ekstrak buah kurma 21,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 4,77, sedangkan nilai terendah diperoleh pada formulasi 14 (F14) dengan komposisi ekstrak daun kelor 7,00%, ekstrak buah kurma 17,00%, dan CMC 1,00% yaitu sebesar 4,03. Perbandingan kedua formulasi ini, yang memiliki kadar CMC sama namun proporsi ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma yang berbeda, menunjukkan bahwa proporsi ekstrak daun kelor yang lebih rendah cenderung memberikan *aftertaste* yang lebih disukai, sebagaimana ditunjukkan pada grafik 3D *Surface* hasil olahan *Design-Expert*.

4.1.5 Sintesis Hasil Analisis Seluruh Respon

Berdasarkan hasil analisis kesebelas respon, dapat disimpulkan bahwa ketiga komponen memberikan pengaruh yang berbeda dan sebagiannya saling bertentangan. Ekstrak daun kelor merupakan penyumbang utama kadar protein dan penurunan nilai IC_{50} , sehingga peningkatan proporsinya menguntungkan bagi nilai fungsional produk. Namun peningkatan yang sama menurunkan kadar gula total karena mengurangi porsi ekstrak buah kurma, sekaligus berpotensi menurunkan penerimaan rasa yang justru paling dipengaruhi oleh kemanisan alami kurma. Kondisi berlawanan inilah yang menjadi alasan utama diperlukannya optimasi multirespon, karena tidak ada satu formulasi pun yang secara bersamaan memberikan nilai terbaik pada seluruh respon.

Dari sebelas respon yang diuji, sembilan di antaranya menghasilkan model yang signifikan, yaitu kadar gula total, kadar protein, kadar lemak, IC_{50} , *sludge volume*, *Total Plate Count*, rasa, tekstur, dan *aftertaste*. Dua respon organoleptik lainnya, yaitu aroma dan warna, menghasilkan model yang tidak signifikan dengan *p-value* berturut-turut 0,2875 dan 0,2367. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada rentang formulasi yang diuji, perubahan proporsi ketiga komponen belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap penilaian panelis pada kedua atribut tersebut. Temuan ini bersifat informatif karena menunjukkan bahwa aroma dan warna produk relatif seragam, sehingga pemilihan formulasi dapat difokuskan pada respon lain tanpa mengorbankan kedua atribut tersebut.

Terhadap CMC, hasil analisis menunjukkan dua arah pengaruh yang berlawanan. Pada respon *sludge volume*, CMC berperan positif karena koefisiennya bernilai negatif sebesar -72,41 sehingga penambahannya menurunkan volume endapan dan meningkatkan kestabilan fisik produk. Sebaliknya, pada seluruh atribut organoleptik, rata-rata nilai kesukaan pada formulasi tanpa CMC selalu lebih tinggi dibandingkan formulasi dengan CMC 1,00%, yaitu 4,74 berbanding 4,21 pada rasa, 4,78 berbanding 4,32 pada tekstur, dan 4,58 berbanding 4,36 pada *aftertaste*. Pertentangan inilah yang kemudian menentukan hasil optimasi, di mana program memilih proporsi CMC sebesar 0,00% karena bobot kepentingan pada respon sensoris ditetapkan lebih tinggi dibandingkan respon *sludge volume*. Dengan demikian, hasil optimasi pada tahap berikutnya perlu dibaca sebagai bentuk kompromi antara

kestabilan fisik dan penerimaan konsumen, bukan sebagai formulasi yang unggul pada seluruh respon secara bersamaan.

4.2 Formulasi Optimal

4.2.1 Penetapan *Goal* dan *Importance*

Penetapan *Goals* dan *importance* akan dilakukan pada setiap respon sebagai penentuan tujuan optimasi serta nilai pembobotan. Penetapan *Goals* dipilih berdasarkan nilai yang diinginkan pada setiap variabel berubah terdiri dari *in range*, *minimize*, dan *maximize*. *Importance* dipilih berdasarkan tingkat kepentingan dari bobot setiap respon dan variabel berubah yaitu dimulai dari (+) hingga (+++++). Semakin penting variabel berubah dan respon maka bobot *importance* semakin tinggi. Nilai *Desirability* yang tinggi pada produk yang paling optimal akan sulit didapatkan jika nilai *importance* yang dipilih besar (Taufik, 2017). Penetapan *Goal* dan *importance* dapat dilihat pada Tabel 30.

Tabel 30. Penetapan *Goal* Dan *Importance* Susu Fungsional

Variabel/Respon	Goal	Batas Bawah	Batas Atas	Importance
Ekstrak Daun Kelor	<i>in range</i>	3	7	+++
Ekstrak Buah Kurma	<i>in range</i>	17	22	+++
CMC	<i>in range</i>	0	1	+++
Kadar Gula Total	<i>in range</i>	24,75	31,48	+++
Kadar Protein	<i>maximize</i>	2,97	4,62	+++++
Kadar Lemak	<i>in range</i>	2,54	3,05	+++
IC ₅₀	<i>minimize</i>	102,64	155,59	+++++
<i>Sludge volume</i>	<i>minimize</i>	1,10	10,60	+++
<i>Total Plate Count</i>	<i>minimize</i>	4,95 x 10 ³	6,72 x 10 ³	+++
Aroma	<i>maximize</i>	4,20	5,30	+++++
Rasa	<i>maximize</i>	3,87	5,13	+++++
Warna	<i>maximize</i>	3,83	5,03	+++++
Tekstur	<i>maximize</i>	4,00	5,03	+++++
<i>Aftertaste</i>	<i>maximize</i>	4,03	4,77	+++++

Variabel berubah ekstrak daun kelor dioptimalkan dengan *Goals in-range* dan tingkat *importance* 3 (+++). Ekstrak daun kelor ditetapkan *in-range* karena berperan ganda: di satu sisi merupakan sumber utama protein nabati dan senyawa fenolik-flavonoid yang mendukung aktivitas antioksidan dan antibakteri produk, di sisi lain aroma langu (*grassy*) yang khas serta kandungan tanin pada daun kelor dapat menurunkan kesukaan panelis terhadap aroma dan menimbulkan kesan pahit/sepat pada rasa dan *aftertaste* apabila proporsinya terlalu tinggi. Oleh karena itu, optimasi diarahkan untuk menemukan proporsi yang tetap memberikan kontribusi gizi dan fungsional tanpa mengorbankan penerimaan sensori.

Variabel berubah ekstrak buah kurma dioptimalkan dengan *Goals in-range* dan tingkat *importance* 3 (+++). Ekstrak buah kurma ditetapkan *in-range* karena

merupakan sumber pemanis alami dengan kandungan gula sederhana (glukosa dan fruktosa) yang tinggi, sehingga berperan besar dalam menutupi (*masking*) rasa pahit/sepat dari tanin daun kelor dan meningkatkan kesukaan rasa serta aroma produk. Namun, proporsi kurma yang berlebihan juga berkontribusi terhadap peningkatan nilai *Total Plate Count* karena gula menjadi substrat pertumbuhan mikroba, serta dapat menurunkan proporsi relatif protein dalam campuran. Maka dari itu, konsentrasi kurma perlu berada pada rentang yang seimbang antara cita rasa dan mutu produk.

Variabel berubah CMC dioptimalkan dengan *Goals in-range* dan tingkat *importance* 3 (+++). CMC ditetapkan *in-range* karena fungsinya sebagai bahan penstabil sangat sensitif terhadap dosis. Pada konsentrasi rendah (mendekati 0,00%), sistem dispersi cenderung tidak stabil sehingga menghasilkan volume endapan (*sludge volume*) yang tinggi. Namun pada konsentrasi tinggi, CMC justru menghasilkan tekstur yang terlalu kental dan menurunkan kesukaan panelis terhadap tekstur maupun *aftertaste*, sebagaimana ditunjukkan oleh interaksi negatif CMC dengan kedua ekstrak pada model tekstur dan *aftertaste*. Optimasi difokuskan untuk menemukan rentang konsentrasi CMC yang menjaga stabilitas fisik tanpa mengorbankan penerimaan sensori.

Respon Kadar Gula Total dioptimalkan dengan *Goals in-range* dan tingkat *importance* 3 (+++). Kadar gula total dikontrol *in-range* karena kadar gula yang terlalu rendah menandakan proporsi kurma yang minim sehingga rasa manis dan aroma khas kurang optimal, sedangkan kadar gula yang terlalu tinggi kurang sesuai untuk produk

minuman fungsional yang menonjolkan nilai gizi (protein) sebagai keunggulan utama, bukan rasa manis. Belum ada SNI khusus yang mensyaratkan kadar gula total untuk produk sejenis, sehingga importansinya ditetapkan moderat.

Respon Kadar Protein dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* tertinggi 5 (+++++). Kadar protein ditargetkan maksimal karena merupakan nilai jual dan diferensiasi utama produk sebagai "susu fungsional" — penambahan ekstrak daun kelor bertujuan meningkatkan kadar protein produk secara signifikan dibandingkan susu sapi biasa. Seluruh formulasi pada penelitian ini telah jauh melampaui syarat minimum SNI 8418:2018 (1,00%), namun optimasi tetap diarahkan untuk mendapatkan kadar protein setinggi mungkin sebagai identitas fungsional produk, sehingga diberi importansi tertinggi dibanding respon lainnya.

Respon Kadar Lemak dioptimalkan dengan *Goals in-range* dan tingkat *importance* 3 (+++). Kadar lemak dikontrol *in-range* karena kontribusinya terhadap *mouthfeel* dan nilai energi produk penting, namun bukan merupakan atribut fungsional yang ingin ditonjolkan (berbeda dengan protein). Seluruh formulasi telah memenuhi syarat minimum SNI 8418:2018 (1,20%), sehingga fokus optimasi adalah menjaga kadar lemak pada rentang yang wajar tanpa perlu dimaksimalkan.

Respon IC_{50} dioptimalkan dengan *Goals minimize* dan tingkat *importance* 5 (+++++), dengan catatan bahwa *Goal minimize* berlaku untuk nilai IC_{50} — semakin kecil IC_{50} , semakin tinggi aktivitas antioksidannya. Aktivitas antioksidan penting

sebagai klaim fungsional produk mengingat kandungan senyawa fenolik dan flavonoid pada daun kelor, namun diberi importansi moderat karena model regresinya hanya bersifat *Linear* dengan rasio *signal-to-noise* yang lebih rendah dibanding respon protein, menandakan kontrol formulasi terhadap respon ini kurang presisi dibanding respon utama.

Respon *Sludge volume* dioptimalkan dengan *Goals minimize* dan tingkat *importance* 3 (+++). Volume endapan yang rendah menunjukkan stabilitas fisik produk yang baik selama penyimpanan. Karena parameter ini utamanya dikendalikan oleh CMC dan belum ada standar SNI khusus untuk produk sejenis, importansinya ditetapkan moderat sebagai indikator pendukung mutu fisik.

Respon *Total Plate Count* dioptimalkan dengan *Goals minimize* dan tingkat *importance* 3 (+++). TPC yang rendah penting untuk keamanan pangan, meski seluruh formulasi pada penelitian ini telah memenuhi ambang batas keamanan SNI 8418:2018. Importansi moderat diberikan karena parameter ini lebih bersifat syarat kepatuhan (compliance) dibanding atribut yang membedakan kualitas produk secara kompetitif.

Respon Aroma dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* 5 (++++). Aroma merupakan atribut sensori pertama yang dinilai konsumen. Meski hasil ANOVA menunjukkan model aroma tidak signifikan secara statistik, aroma tetap dimaksimalkan karena kombinasi aroma manis kurma yang menutupi aroma langu kelor menjadi kunci daya terima produk.

Respon Rasa dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* 5 (+++++). Rasa merupakan penentu utama penerimaan produk pangan, dengan keseimbangan antara manis alami kurma dan sedikit sepat khas kelor yang perlu diterima baik oleh konsumen.

Respon Warna dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* 5 (+++++). Warna menjadi daya tarik visual pertama produk, meskipun secara statistik dipengaruhi juga oleh degradasi klorofil selama pengolahan di luar proporsi formulasi.

Respon Tekstur dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* 5 (+++++). Tekstur (kekentalan) sangat dipengaruhi oleh CMC, dan berdasarkan data, panelis justru cenderung menyukai tekstur yang tidak terlalu kental (CMC rendah), sehingga optimasi diarahkan mencari titik kekentalan yang paling disukai.

Respon *Aftertaste* dioptimalkan dengan *Goals maximize* dan tingkat *importance* 5 (+++++). *Aftertaste* yang bersih dan tidak meninggalkan kesan pahit tanin menjadi target, dengan CMC berperan melapisi mukosa mulut sehingga memperhalus kesan akhir.

4.2.2 Penentuan Formulasi Optimal

Design-Expert merekomendasikan formulasi optimal berdasarkan hasil analisis respon kimia (kadar gula total, protein, lemak, IC_{50}), respon fisik (*sludge volume*), respon mikrobiologi (*Total Plate Count*), dan respon organoleptik (aroma, rasa, warna,

tekstur, *aftertaste*). Proses optimasi dipilih berdasarkan nilai *Desirability* tertinggi dari 4 solusi (Solution 1 of 4) yang dihasilkan oleh program, dengan solusi pertama sebagai solusi terpilih.

Proses optimasi dipilih dengan nilai *Desirability* tertinggi berdasarkan penetapan target dan tingkat kepentingan yang diharapkan. Nilai *Desirability* merupakan nilai fungsi yang menunjukkan apakah hasil *software* dapat mendekati titik optimum. Nilai *Desirability* berkisar antara 0-1. Titik optimum yang baik memiliki nilai *Desirability* mendekati 1 (Hidayat et al., 2021). (Nilai *Desirability* yang mendekati 0 menandakan bahwa formulasi produk tersebut tidak dapat mencapai titik optimal berdasarkan variabel responya (Wulandari, 2016).

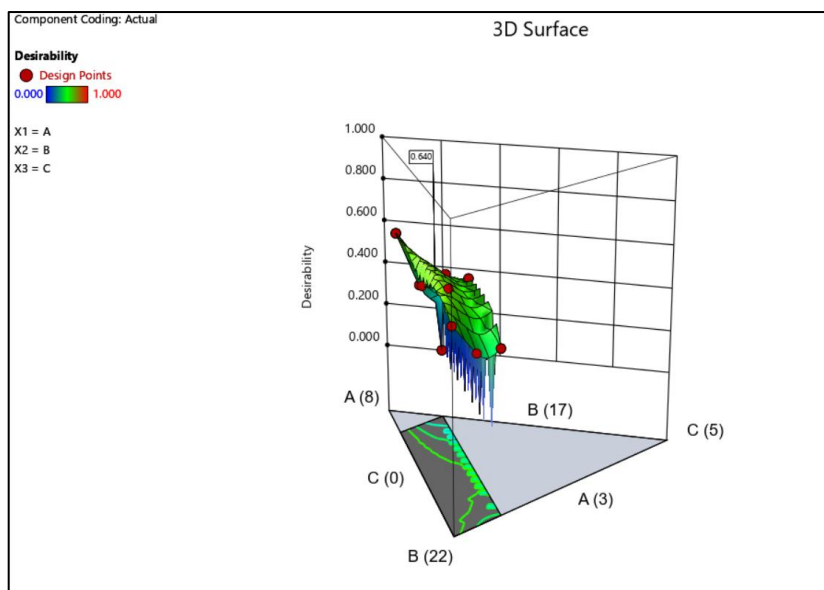
Tabel 31. Rekomendasi Formulasi Optimal Produk

Kelor (%)	Kurma (%)	CMC (%)
6,078	18,922	0

Gula Total (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Antioksidan (IC ₅₀)	Sludge Vol (%)	TPC (koloni/mL)	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur	<i>Aftertaste</i>	<i>Desirability</i>
27,87	4,32	2,92	122,59	8,40	5,23 x 10 ³	4,673	4,612	4,573	4,908	4,621	0,805 (Selected)

Tabel 32. Hasil *Point Prediction* pada Produk Susu Fungsional

Respon	Predicted Mean	Predicted Median	Observed	Std Dev	n	SE Pred	95% PI Low	Data Mean	95% PI High
Kadar Gula Total (%)	29,82	29,82	29,58	0,15	1	0,18	29,39	29,88	30,26
Kadar Protein (%)	3,45	3,45	3,43	0,02	1	0,02	3,40	3,40	3,51
Kadar Lemak (%)	2,69	2,69	2,65	0,02	1	0,02	2,64	2,65	2,74
IC ₅₀	142,95	142,95	143,42	5,42	1	5,71	130,62	140,45	155,28
Sludge Volume (%)	3,45	3,45	1,50	1,38	1	1,65	-0,47	5,50	7,36
TPC (koloni/mL)	6049,66	6049,66	6300	101,23	1	112,21	5799,63	5867	6299,69
Aroma	4,71	4,71	5,30	0,26	1	0,29	4,06	4,90	5,36
Rasa	4,72	4,72	4,57	0,30	1	0,32	4,03	4,50	5,41
Warna	4,56	4,56	4,83	0,30	1	0,32	3,87	4,70	5,25
Tekstur	4,60	4,60	4,79	0,21	1	0,23	4,10	4,67	5,11
Aftertaste	4,54	4,54	4,63	0,16	1	0,18	4,14	4,52	4,94

Gambar 24. Grafik *Desirability* Formulasi Optimal Produk

Berdasarkan grafik *3D Surface Desirability* (Gambar 34), dihasilkan nilai *Desirability* pada formulasi optimal sebesar 0,805, Formulasi optimal terpilih memiliki komposisi ekstrak daun kelor 6,08%, ekstrak buah kurma 18,92%, dan CMC 0,00%. Hasil formulasi ini diprediksi memiliki kadar gula total 27,87%, kadar protein 4,32%,

kadar lemak 2,92%, IC_{50} 122,59, *sludge volume* 8,40%, *Total Plate Count* $5,23 \times 10^3$ koloni/mL, aroma 4,673, rasa 4,612, warna 4,573, tekstur 4,908, dan *aftertaste* 4,621.

Tabel di atas digunakan untuk verifikasi respon formulasi optimal dengan membandingkan hasil respon aktual formulasi optimal dengan nilai CI dan PI yang dihasilkan oleh *Design-Expert*.

4.3 Verifikasi Formulasi Optimal

Formulasi optimal yang dihasilkan oleh *Design-Expert* akan dianalisis kembali berdasarkan respon kimia (kadar gula total, protein, lemak, IC_{50}), respon fisik (*sludge volume*), respon mikrobiologi (*Total Plate Count*), dan respon organoleptik (aroma, rasa, warna, tekstur, *aftertaste*). Tujuan tahap verifikasi adalah untuk mengetahui nilai aktual dari formulasi optimal hasil pembuatan ulang dan membandingkannya dengan prediksi yang dihasilkan oleh *Design-Expert*.

Menurut (Hidayat et al., 2021), *software Design-Expert* akan menghasilkan *confidence interval* (CI) dan *Prediction Interval* (PI) untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5,00%. CI merupakan *standard error of the mean* yang dapat membantu mengatasi kesalahan acak pada data yang didapatkan dari semua data yang digunakan. Semakin banyak data yang digunakan, menyebabkan semakin kecilnya kesalahan acak dan rentang yang dihasilkan. Jika mengulangi pengambilan sampel tanpa batas, CI 95,00% yang dibangun akan berisi rata-rata populasi yang sebenarnya.

Menurut (Engelen, 2016), PI merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama. Jika mengulangi pengambilan sampel tanpa batas, PI 95,00% yang dibangun akan berisi pengamatan baru. Oleh karena itu, CI dan PI harus dibandingkan untuk mengkonfirmasi bahwa hasil verifikasi berbeda pada kisaran menunjukkan nilai ketepatan respon. Rentang nilai CI akan lebih kecil jika dibandingkan dengan rentang nilai PI, hal ini disebabkan pengukuran PI melibatkan beragam variasi sampel yang tidak diketahui untuk gambaran hasil sampel produk akhir dengan tingkat kepercayaan tertentu berdasarkan pengamatan yang telah diamati.

Tabel 33. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk

Respon	Prediksi	Aktual	Std. Dev	95,00% PI <i>low</i>	95,00% PI <i>high</i>
Kadar Gula Total (%)	29,82	29,88	0,15	29,39	30,26
Kadar Protein (%)	3,45	3,40	0,02	3,40	3,51
Kadar Lemak (%)	2,69	2,65	0,02	2,64	2,74
IC ₅₀ (ppm)	142,95	140,45	5,42	130,62	155,28
Sludge Volume (%)	3,45	5,50	1,38	-0,47	7,36
<i>Total Plate Count</i> (koloni/mL)	6,05 x 10 ³	5,87 x 10 ³	101,23	5,80 x 10 ³	6,30 x 10 ³
Aroma	4,71	4,90	0,26	4,06	5,36
Rasa	4,72	4,50	0,30	4,03	5,41
Warna	4,56	4,70	0,30	3,87	5,25
Tekstur	4,60	4,67	0,21	4,10	5,11
<i>Aftertaste</i>	4,54	4,52	0,16	4,14	4,94

Berdasarkan data analisis yang dihasilkan, data tersebut memiliki hasil yang tidak berbeda jauh dengan prediksi yang dikeluarkan oleh program *Design-Expert* 13. Keseluruhan hasil analisis masuk ke dalam rentang PI, meskipun terdapat dua catatan. Pertama, respon *sludge volume* memiliki rentang PI yang sangat lebar (-0,47 hingga

7,36%) sehingga batas bawahnya bernilai negatif dan tidak bermakna secara fisik; hal ini sejalan dengan kualitas model *sludge volume* yang tergolong sedang (*Adjusted R²* 0,6132) sehingga nilai aktual 5,50% masih dapat diterima meskipun berbeda cukup jauh dari prediksi 3,45%. Kedua, nilai aktual kadar protein (3,40%) berada tepat pada batas bawah PI (3,40%), sehingga masih memenuhi kriteria verifikasi namun dengan selisih yang paling ketat di antara seluruh respon. PI (*Prediction Interval*). PI (*Prediction Interval*) merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran pada kondisi sama pada taraf tertentu.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Formulasi optimal susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional berpengaruh terhadap respon kimia, fisik, mikrobiologi, dan organoleptik. *Design-Expert* metode *D-Optimal* menghasilkan formula dengan komposisi ekstrak daun kelor sebesar 6,08%, ekstrak buah kurma sebesar 18,92%, dan CMC sebesar 0,00%, serta nilai *Desirability* sebesar 0,805. Hasil verifikasi formulasi optimal menunjukkan kadar gula total 27,87%, kadar protein 4,32%, kadar lemak 2,92%, IC_{50} 122,59 ppm, *sludge volume* 8,40%, dan *Total Plate Count* $5,23 \times 10^3$ koloni/mL. Pada respon organoleptik dengan skala hedonik 1–6, formulasi optimal memperoleh skor aroma 4,67; rasa 4,61; warna 4,57; tekstur 4,91; dan *aftertaste* 4,62 yang seluruhnya berada pada kategori agak suka hingga suka.

Nilai CMC pada formulasi optimal sebesar 0,00% mengindikasikan bahwa pada rentang konsentrasi yang diuji (0,00%–1,00%), panelis cenderung lebih menyukai karakteristik susu fungsional tanpa penambahan CMC, sehingga kestabilan dan penerimaan produk lebih banyak dipengaruhi oleh proporsi ekstrak daun kelor dan ekstrak buah kurma.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan uji stabilitas dan umur simpan (*shelf life*) produk susu fungsional selama masa penyimpanan, mengingat formulasi optimal berada pada titik CMC 0,00%, untuk memastikan kestabilan *sludge volume* produk dalam jangka waktu penyimpanan yang lebih panjang.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan uji organoleptik dengan metode mutu hedonik guna memperkuat validitas hasil uji kesukaan konsumen terhadap produk susu fungsional yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aderinola, T. A. (2018). Nutritional, Antioxidant and Quality Acceptability of Smoothies Supplemented with *Moringa oleifera* Leaves. *Beverages*, 4(4), 104. <https://doi.org/10.3390/beverages4040104>
- Akbar, M. (2018). Teknik budidaya dan panen daun kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Pertanian Tropis*, 5(2), 112–120.
- Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(10), 877–887. <https://doi.org/10.1080/10408390701724264>
- Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7592–7599.
- Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: Its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247–259.
- Anggraini, D. N., Radiati, L. E., & Purwadi, P. (2017). Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) pada Minuman Madu Sari Apel Ditinjau dari Rasa, Aroma, Warna, pH, Viskositas, dan Kekeruhan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 11(1), 58–67.
- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., & Gilani, A. H. (2007). *Moringa oleifera*: A food plant with multiple medicinal uses. *Phytotherapy Research*, 21, 17–25.
- AOAC International. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Assirey, E. A. R. (2015). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*, 9(1), 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.07.002>
- Azizah, N. (2015). Pengaruh Penambahan Tepung Daun Kelor terhadap Sifat Organoleptik Produk Pangan. *Skripsi*. Universitas Brawijaya, Malang.

- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 2897:2008 Metode pengujian cemaran mikroba dalam daging, telur dan susu, serta hasil olahannya*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018a). *SNI 3951:2018 Susu pasteurisasi*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018b). *SNI 8418:2018 Minuman susu*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bas, D., & Boyaci, I. H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 836–845.
- Biglari, F., AlKarkhi, A. F. M., & Easa, A. M. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chemistry*, 107(4), 1636–1641.
- BPOM RI. (2005). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.00.05.52.0685 tentang Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- BPOM RI. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 11 Tahun 2019 tentang Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Broin, M. (2010). *Growing and Processing Moringa Leaves*. Imprimerie Horizon.
- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. H., & Wootton, M. (2009). *Ilmu Pangan*. UI Press.
- Direktorat Jenderal Peternakan. (1983). *Standar Mutu Susu Segar*.
- Elisma, Lenggu, M. Y., & Takubessi, M. I. (2020). Characteristics and antioxidant activity of sweet potato syrup. *Jurnal Info Kesehatan*, 18(1).
- Engelen, A., Sugiyono & Budijanto, S. 2016. "Optimasi Proses dan Formula Pada Pengolahan Mi Sagu Kering (*Metroxylon sagu*)." *Agritech*, 35(4): 359 367.

- Faaza, A. Z. (2020). Optimalisasi formula crackers disubstitusi tepung daun kelor. *Skripsi*. Bandung : Universitas Pasundan
- Fahey, J. W. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life Journal*, 1(5), 1–15.
- Fuglie, L. J. (2001). *The Miracle Tree: Moringa oleifera, Natural Nutrition for the Tropics*. Church World Service, Dakar.
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>
- Hasria, & others. (2019). Karakteristik susu sapi dan manfaat kesehatannya. *Jurnal Ilmu Peternakan*, 8(1), 23–30.
- Hermawan, & others. (2020). Kontaminasi mikrobiologis pada susu segar. *Jurnal Veteriner*, 21(3), 155–162.
- Hidayat, I.R., Zuhrotun, A., dan Sopyan, I. 2021. *Design-Expert* Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6 (1) 2021, 99-120. Universitas Padjajaran.
- Iman, I., & Adhyatmika. (2024). *Narrative Review: Perbandingan Kandungan, Kadar, dan Total Aktivitas Antioksidan pada Susu Sapi dan Kambing*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Imeson, A. (Ed.). (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Wiley-Blackwell.
- Indriati, N., Indah, S. P., & Veronica, S. Y. (2024). Pengaruh pemberian kurma Sukkari pada ibu bersalin terhadap durasi persalinan di PMB Nisa, PMB Dian dan PMB Fitri Kabupaten Mesuji tahun 2024. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*, 13(2).
- Irianto. 2014. *Gizi Seimbang dalam Kesehatan Reproduksi*. Alfabeta. Bandung.
- Jahan, S., Shahjahan, M., Rasna, S. S., Aktar, M., Sultana, S., Ahmed, S. M., Sabrin, F., & Nahar, S. (2022). Antibacterial effect of moringa (*Moringa oleifera*) leaf ethanolic extract against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Mymensingh Medical Journal*, 31(4), 976–982.
- Jamaludin, C., Indrani, R., Ariani, D., & Muflihati, I. (2024). Aplikasi Natrium *Carboxymethyl Cellulose* (Na-CMC) dari Kulit Kacang Kedelai sebagai Penstabil

- Yoghurt Susu Sapi. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 12(4), 229–241.
<https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2024.012.04.5>
- Kasolo, J. N., Bimenya, G. S., Ojok, L., Ochieng, J., & Ogwal-Okeng, J. W. (2010). Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(9), 753–757.
- Krisnadi, A. D. (2012). *Kelor Super Nutrisi*. Pusat Informasi dan Pengembangan Tanaman Kelor Indonesia.
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2015). Cultivation, genetic, ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of *Moringa oleifera* leaves: An overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6), 12791–12835.
- Mahmood, K. T., Mughal, T., & Haq, I. U. (2011). *Moringa oleifera*: A natural gift – A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2.
- Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1996). Nutritional value and antinutritional components of *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 63, 21–228.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
- Muchtadi. (2011). *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Alfabeta.
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno, Peranginangin, R., & Nurtama, B. (2013). Aplikasi Response Surface Methodology pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 8(2), 9–22.
- Olugbemi, T. S., Mutayoba, S. K., & Lekule, F. P. (2010). Effect of *Moringa* (*Moringa oleifera*) inclusion in cassava-based diets fed to broiler chickens. *International Journal of Poultry Science*, 9, 363–367.
- Primurdia, E. G., & Kusnadi, J. (2014). Aktivitas antioksidan minuman probiotik sari kurma. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 98–109.
- Putri, R. (2016). Kandungan gizi dan manfaat susu sapi. *Jurnal Gizi Indonesia*, 4(2), 75–83.
- Putri, R., & others. (2021). Pengaruh pemanasan terhadap aktivitas antioksidan pada bahan pangan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 12(1), 1–9.

- Sabil, S., Amin, M., Maruddin, F., Mirnawati, M., Risal, M., & Rusman, R. F. Y. (2023). Karakteristik Organoleptik Susu dengan Penambahan Sari Kurma (*Phoenix dactylifera* L.) pada Level Berbeda. *Jurnal Ilmu Dan Industri Peternakan*, 9(1), 31–41. <https://doi.org/10.24252/jiip.v9v1.31945>
- Satuhu, S. (2010). *Kurma Khasiat dan Olahannya*. Depok: Penebar Swadaya.
- Savira, R., & Hadi, A. (2024). Pengaruh penambahan kurma sukkari terhadap daya terima dan kandungan kalsium pada brownies kukus. *NASUWAKES: Jurnal Kesehatan Ilmiah*, 17(2), 154–161.
- Shaikh, A. (2020). Studies on quality evaluation of soya milk from *Moringa oleifera* fortified with moringa extract. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 670–675.
- Sholikah, N., Mufid, A. A., Bachrul, A. S., Hidayat, T. R., & Yoga, Y. (2021). Pengolahan susu sapi menjadi susu pasteurisasi untuk meningkatkan nilai susu dan daya jual. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, <https://doi.org/10.33474/jp2m.v2i1.10448> 2(1), 75–79.
- Shukla, P., Bajwa, U., & Sharma, S. (2014). Optimization of the Level of Ingredients for Functional Dairy Beverage Using Response Surface Methodology (RSM). *Acta Alimentaria*, 43(3), 402–411.
- Siddhuraju, P., & Becker, K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2144–2155.
- Siddiq, M., & Greiby, I. (2014). Overview of Date Fruit Production, Postharvest handling, Processing, and Nutrition. Dates: Postharvest Science, *Processing Technology and Health Benefits*, 1–28. <http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118292375.html>
- Sobhanardakani, S. (2018). Health benefits of milk consumption. *Nutrition & Food Science*, 48(2), 215–222.
- Soekarto, S. T. (2002). *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara.
- Sozańska, B. (2019). Raw milk consumption and health. *Nutrients*, 11(2), 469.
- Stat-Ease, Inc. (2023). *Design-Expert Software (Version 13)*. Minneapolis, MN: Stat-Ease, Inc.

- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (2010). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sudarwanto, M. (2012). Komposisi kimia susu sapi segar. *Jurnal Ilmu Ternak*, 12(1), 1–7.
- Suryandari, A. (2021). *Teknologi Pengolahan Susu dan Produk Turunannya*. Deepublish.
- Suryani, L., & Hidayat, T. (2022). Aktivitas antioksidan dan aplikasi daun kelor dalam produk pangan. *Jurnal Pangan Fungsional*, 3(1), 12–20.
- Taufik, Yusman., Widianara, Tantan., Ulfah, Syarifah. 2017. Optimalisasi Formulasi Minuman Jelly Lidah Buaya (Aloe Vera L.) dan Daun Black Mulberry (Morus Nigra L.) Menggunakan *Design-Expert* Metode *Mixture D* Optimal. *Pasundan Food Technology Journal*, Volume 4, No.3, Tahun 2017. Universitas Pasundan.
- Tokopedia. (2025). *Provitmilk Plus Herbal Susu Kambing Etawa 200 gr*. <https://www.tokopedia.com/milkcowstore/provitmilk-plus-herbal-susu-kambing-200gr-pom-ri-md-800911117616-etawa-gula-bahan-bubuk-susu-etawa-diabetes-1730873466416760129>
- Tripamungkas, A. (2015). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose (CMC) Terhadap Sifat dan Kesukaan Minuman Sari Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L). *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tukiran, Miranti, M. G., Dianawati, I., & Sabila, F. I. (2020). Aktivitas antioksidan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dan buah bit (*Beta vulgaris* L.) sebagai bahan tambahan minuman suplemen. *Jurnal Kimia Riset*, 5(2), 113–119.
- United States Department of Agriculture. (2019). *FoodData Central: Dates, medjool (SR Legacy, FDC ID 168191)*. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10–20.
- Vayalil, P. K. (2012). Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): An emerging medical food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(3), 249–271.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2006). *Dairy Science and Technology*. CRC Press.
- Winarno, F. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama.

- Wirakartakusumah, M. A., & others. (1992). *Teknologi Pengolahan Pangan*. IPB Press.
- Wulandari, Tenri Citra., Ghozali, Thomas., Taufik, & Yusman. 2016. Optimalisasi Formulasi Minuman Fungsional Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Dengan *Design-Expert* Metode *Mixture D-Optimal*. *Pasundan Food Technology Journal*. Universitas Pasundan. Bandung.
- Yameogo, W. C., Bengaly, D. M., Savadogo, A., & others. (2011). Determination of chemical composition and nutritional values of *Moringa oleifera* leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*.
- Yoanita, D. (2015). Pengaruh Mengkonsumsi Buah Kurma Setelah Berpuasa Pada Glukosa Darah Pada Penderita Diabetes Melitus Tipe-2. *Faculty of Nursing and Midwifery*, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya.
- Yulianti, R. (2008). Kandungan Tanin Tepung Daun Kelor dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Organoleptik Produk Pangan. *Skripsi*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Kadar Gula Total (Winarno, 2004).

Penentuan kadar karbohidrat dilakukan menggunakan metode Luff-Schoorl. Sampel ditimbang sebanyak $\pm 2-5$ gram, kemudian dilarutkan dengan aquades dan diencerkan dalam labu ukur hingga volume tertentu, kemudian disaring jika diperlukan. Larutan sampel dipipet sebanyak 10 mL ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 25 mL larutan Luff-Schoorl serta beberapa butir batu didih. Campuran kemudian dipanaskan hingga mendidih selama 10 menit, setelah itu segera didinginkan dengan air mengalir untuk menghentikan reaksi. Selanjutnya ditambahkan 15 mL larutan KI 20,00% dan 25 mL H_2SO_4 25,00% secara perlahan. Larutan kemudian dititrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N hingga warna kuning pucat, lalu ditambahkan indikator amilum dan titrasi dilanjutkan hingga warna biru hilang menjadi bening. Sebagai pembanding, dilakukan juga blanko dengan prosedur yang sama tanpa menggunakan sampel. Selisih volume titrasi antara blanko dan sampel digunakan untuk menentukan jumlah gula berdasarkan tabel Luff-Schoorl, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung kadar karbohidrat dalam sampel.

$$\%Glukosa = \frac{Gula\ Invert \times FP \times 100}{Ws \times 1000}$$

$$\%Sukrosa = \frac{Gula\ Invert \times FP \times 100}{Ws \times 1000} - \%Glukosa$$

$$\%Gula\ Total = \%Sukrosa + \%Glukosa$$

Gambar 25. Rumus Analisis Kadar Gula Total

Lampiran 2. Prosedur Analisis Kadar Protein (Sudarmadji, 2010).

Analisis kadar protein dilakukan dengan metode Kjeldahl. Sampel ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Ke dalam labu ditambahkan 1 g katalis (campuran K₂SO₄ dan CuSO₄) serta 10 mL asam sulfat pekat. Sampel kemudian didestruksi hingga larutan menjadi jernih kehijauan. Setelah dingin, larutan diencerkan dengan akuades dan dilakukan proses destilasi dengan penambahan larutan NaOH 40,00%. Destilat yang terbentuk ditampung dalam erlenmeyer yang berisi larutan asam borat 2,00%. Selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan larutan HCl standar hingga terjadi perubahan warna

$$Kadar\ Protein = \frac{(Vb - Vs) \times N\ HCl \times FP \times Ar\ Nitrogen}{W\ Sampel} \times 100$$

Gambar 26. Rumus Analisis Kadar Protein

Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar Lemak (AOAC, 2019; Winarno, 2004).

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode Soxhlet. Sampel ditimbang sebanyak 3 g dan dimasukkan ke dalam kertas saring. Sampel diekstraksi menggunakan pelarut n-heksana dalam alat Soxhlet selama 6 jam. Setelah proses ekstraksi selesai, pelarut diuapkan dan labu lemak dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Labu kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang.

$$\%Kadar\ lemak : \frac{W\ Labu+Lemak)-W\ Labu}{W\ Sampel} \times 100\%$$

Gambar 27. Rumus Analisis Kadar Lemak

Lampiran 4. Prosedur Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀) (DPPH) (Molyneux, 2004).

Analisis aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode peredaman radikal bebas DPPH. Sampel diencerkan hingga diperoleh beberapa konsentrasi larutan. Sebanyak 1 mL larutan sampel dicampurkan dengan 1 mL larutan DPPH 0,1 mM dalam metanol. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu

ruang dalam kondisi gelap. Selanjutnya absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm.

Persentase aktivitas antioksidan dihitung berdasarkan penurunan nilai absorbansi larutan DPPH.

$$\% \text{ Penghambatan} = (A \text{ blanko} - A \text{ sampel}) / A \text{ blanko} \times 100$$

Gambar 28. Rumus Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

Data absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang tertentu, kemudian dihitung persentase inhibisi (% inhibisi) menggunakan perbandingan antara absorbansi blanko dan sampel. Selanjutnya dibuat kurva hubungan antara konsentrasi sampel (ppm) dengan persen inhibisi (%). Nilai IC₅₀ ditentukan dari persamaan regresi linier ($y = ax + b$), dengan y sebagai persen inhibisi dan x sebagai konsentrasi. Nilai IC₅₀ diperoleh dengan mensubstitusikan nilai y sebesar 50,00% ke dalam persamaan regresi, sehingga didapatkan nilai x sebagai konsentrasi yang mampu menghambat 50,00% radikal bebas.

Lampiran 5. Prosedur Analisis *Sludge volume* (Sentrifugasi) (Sudarmadji, 2010)

Analisis *sludge volume* dilakukan dengan metode sentrifugasi. Sampel sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam tabung sentrifus dan disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Setelah proses sentrifugasi, volume endapan yang terbentuk diukur dan dinyatakan sebagai *sludge volume*.

$$\text{Sludge Volume (\%)} = (\text{Volume endapan} / \text{Volume awal sampel}) \times 100$$

Gambar 29. Rumus Analisis *Sludge volume***Lampiran 6. Prosedur Analisis *Total Plate Count* (TPC) (SNI 2897:2008).**

Analisis *Total Plate Count* dilakukan dengan metode hitung cawan. Sampel diencerkan secara bertingkat menggunakan larutan NaCl 0,85%. Sebanyak 1 mL dari pengenceran yang sesuai dituang ke dalam cawan petri steril dan ditambahkan media *Plate Count Agar* (PCA). Cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam. Koloni yang tumbuh dihitung dan dinyatakan sebagai jumlah koloni per mL sampel

$$N = \frac{\Sigma C}{(1 \times n1) \times (0,1 \times n2) \times (0,01 \times n3) \times (0,001 \times n4) \times d}$$

Gambar 30. Rumus Analisis *Total Plate Count***Lampiran 7. Formulir Uji Organoleptik Metode Hedonik**

Formulir Uji Organoleptik

Nama :
 Tanggal Pengujian :
 Jenis Produk :
 Ekstrak daun kelor dan kurma

Paramater	Nilai
Sangat Suka	6
Suka	5
Agak Suka	4
Agak Tidak Suka	3
Tidak Suka	2
Sangat Tidak Suka	1

Susu dengan
Ekstrak buah

Petunjuk : Berikan penilaian pada masing masing sampel dengan memasukan skala penilaian dengan paramater berikut :

Kode Sampel	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur	<i>Aftertaste</i>

Lampiran 8. Perhitungan Kebutuhan Sampel Susu Fungsional

No	Analisis	Bahan	Kebutuhan	Total (ml)
1	Protein	Susu Fungsional	1 ml x 16 sampel	16
2	Gula Total	Susu Fungsional	6 ml x 16 sampel	96
3	<i>Sludge volume</i>	Susu Fungsional	10 ml x 16 sampel	160
4	IC ₅₀	Susu Fungsional	4 ml x 16 sampel	64
5	Soxhlet	Susu Fungsional	6 ml x 16 sampel	96
6	TPC	Susu Fungsional	4 ml x 16 sampel	64
Total				496

Lampiran 9. Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku

No	Nama Bahan	Harga	Keterangan	Jumlah	Total
1	Susu Sapi Segar	Rp10.000,00	Liter	10	Rp100.000,00
2	Daun Kelor Kering	Rp60.000,00	Kg	1	Rp60.000,00
3	Kurma Sukkari	Rp50.000,00	Kg	3	Rp150.000,00
4	CMC	Rp15.000,00	43 gram	3	Rp45.000,00
Total					Rp355.000,00

Lampiran 10. Rincian Biaya Analisis Penelitian

No	Analisis	Jumlah Sampel	Harga	Jumlah
1	Kjehdal	16	Rp75.000,00	Rp1.200.000,00
2	Luff schoorl	16	Rp25.000,00	Rp400.000,00
3	<i>Sludge volume</i>	16	Rp5.000,00	Rp80.000,00
4	Dpph	16	Rp250.000,00	Rp4.000.000,00
6	Soxhlet	16	Rp65.000,00	Rp1.040.000,00
7	TPC	16	Rp40.000,00	Rp640.000,00
Total				Rp7.360.000,00

Lampiran 11. Rincian Kebutuhan setiap Respon.

Respon	mL
Protein	1
IC ₅₀	4
<i>Total Plate Count</i>	4
<i>Sludge volume</i>	10
Lemak	6
Kadar Gula Total	5
Organoleptik	600
Total	637

Lampiran 12. Formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

Tabel 34. Formulasi susu sapi pasteurisasi dengan tambahan ekstrak daun kelor, ekstrak buah kurma dan penambahan CMC sebagai minuman fungsional

F	Susu sapi segar		Ekstrak daun kelor		Ekstrak buah kurma		CMC		Total	
	%	ml	%	ml	%	ml	%	gram	%	ml
1	75	526,33	4	28	20,75	145,25	0,25	0,47	100	700
2	75	530,31	5	35	19	133,00	1	1,90	100	700
3	75	527,66	5	35	19,5	136,50	0,5	0,95	100	700
4	75	530,31	3	21	21	147,00	1	1,90	100	700
5	75	527,66	7	49	17,5	122,50	0,5	0,95	100	700
6	75	525	7	49	18	126,00	0	0,00	100	700
7	75	530,31	3	21	21	147,00	1	1,90	100	700
8	75	527,66	3	21	21,5	150,50	0,5	0,95	100	700
9	75	528,98	6	42	18,25	127,75	0,75	1,43	100	700
10	75	530,31	7	49	17	119,00	1	1,90	100	700
11	75	525	7	49	18	126,00	0	0,00	100	700
12	75	525	5	35	20	140,00	0	0,00	100	700
13	75	525	3	21	22	154,00	0	0,00	100	700
14	75	530,31	7	49	17	119,00	1	1,90	100	700
15	75	525	7	49	18	126,00	0	0,00	100	700
16	75	525	3	21	22	154,00	0	0,00	100	700
Total	8.439,84 ml		574 ml		2.173 ml		14,25 g		11.200 ml	

Lampiran 13. Fit Statistics

- **Gula Total**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,1536
<i>Mean</i>	28,20
<i>C.V. %</i>	0,5446
<i>R²</i>	0,9976
<i>Adjusted R²</i>	0,9950
<i>Predicted R²</i>	0,9497
<i>Adeq Precision</i>	58,0442

- **Kadar Protein**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,0195
<i>Mean</i>	3,84
<i>C.V. %</i>	0,5081
<i>R²</i>	0,9995
<i>Adjusted R²</i>	0,9990
<i>Predicted R²</i>	0,9888
<i>Adeq Precision</i>	110,7016

- **Kadar Lemak**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,0221
<i>Mean</i>	2,78
<i>C.V. %</i>	0,7928
<i>R²</i>	0,9863
<i>Adjusted R²</i>	0,9842
<i>Predicted R²</i>	0,9793
<i>Adeq Precision</i>	49,3993

- **IC₅₀**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	5,42
<i>Mean</i>	132,48
<i>C.V. %</i>	4,09
<i>R²</i>	0,9174
<i>Adjusted R²</i>	0,9047
<i>Predicted R²</i>	0,8758
<i>Adeq Precision</i>	17,0414

- **Sludge Volume**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	1,38
<i>Mean</i>	3,74
<i>C.V. %</i>	36,80
<i>R²</i>	0,8195
<i>Adjusted R²</i>	0,6132
<i>Predicted R²</i>	-0,7596
<i>Adeq Precision</i>	8,7171

- **Total Plate Count**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	101,23
<i>Mean</i>	5771,25
<i>C.V. %</i>	1,75
<i>R²</i>	0,9829
<i>Adjusted R²</i>	0,9744
<i>Predicted R²</i>	0,9647
<i>Adeq Precision</i>	26,3558

- **Aroma**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,2634
<i>Mean</i>	4,59
<i>C.V. %</i>	5,74
<i>R²</i>	0,4206
<i>Adjusted R²</i>	0,1309
<i>Predicted R²</i>	-0,1990
<i>Adeq Precision</i>	3,6374

- **Rasa**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,3022
<i>Mean</i>	4,47
<i>C.V. %</i>	6,77
<i>R²</i>	0,5489
<i>Adjusted R²</i>	0,4795
<i>Predicted R²</i>	0,2707
<i>Adeq Precision</i>	7,8083

- **Warna**

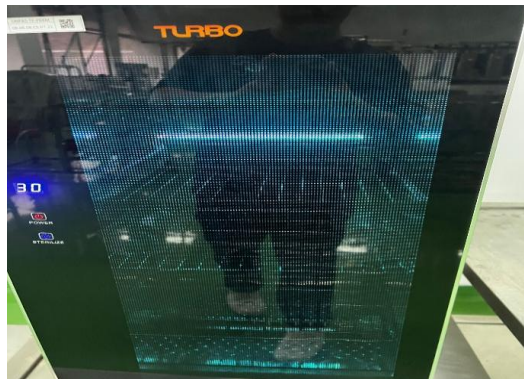
Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,3035
<i>Mean</i>	4,46
<i>C.V. %</i>	6,80
<i>R²</i>	0,1988
<i>Adjusted R²</i>	0,0756
<i>Predicted R²</i>	-0,1580
<i>Adeq Precision</i>	3,2511

- **Tekstur**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,2060
<i>Mean</i>	4,50
<i>C.V. %</i>	4,58
<i>R²</i>	0,7226
<i>Adjusted R²</i>	0,5839
<i>Predicted R²</i>	0,2764
<i>Adeq Precision</i>	7,4162

- **Aftertaste**

Parameter	Nilai
<i>Std. Dev.</i>	0,1633
<i>Mean</i>	4,46
<i>C.V. %</i>	3,66
<i>R²</i>	0,6871
<i>Adjusted R²</i>	0,5306
<i>Predicted R²</i>	0,2556
<i>Adeq Precision</i>	5,9354

Lampiran 14. Dokumentasi Pembuatan Produk

Lampiran 15. Dokumentasi Analisis Kadar Gula Total





Lampiran 16. Perhitungan Analisis Kadar Gula Total

Perhitungan Volume Titrasi Dilanjutkan dengan perhitungan menentukan gula invert dengan mengonversi nilai volume titrasi dengan tabel luff schroll sebagai berikut,

V $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Glukosa
1	2,4
2	4,8
3	7,2
4	9,7
5	12,2
6	14,7
7	17,2
8	19,8
9	22,4
10	25,0
11	27,6
12	30
13	33,0
14	35,7
15	38,5
16	41,3
17	44,2
18	47,1
19	50,0
20	52,1
21	56,1
22	59,1
23	62,2

Perhitungan Kadar Gula Total

Contoh Perhitungan Formula 1

Dik :

Analisis Gula Reduksi (Glukosa)

- Berat sampel (W_s) = 1,0332 g
- Volume blanko = 12,10 mL
- Volume titrasi sampel = 9,80 mL
- Faktor pembakuan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 0,984

Analisis Setelah Inversi

- Berat sampel (W_s) = 1,0332 g
- Volume blanko = 12,10 mL
- Volume titrasi sampel = 10,75 mL
- Faktor pembakuan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 0,984

Dit : %Gula Total ?

Jawab :

Perhitungan Gula Reduksi

$$\begin{aligned} V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= (12,10 - 9,8) \times 0,984 \\ &= 2,30 \times 0,984 \\ &= 2,2632 \text{ mL} \end{aligned}$$

Perhitungan Setelah Inversi

$$\begin{aligned} V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 &= (12,10 - 10,75) \times 0,984 \\ &= 1,35 \times 0,984 \end{aligned}$$

$$= 1,3284 \text{ mL}$$

Konversi Gula Invert dari Tabel Luff Schoorl

(Karna tidak terdapat data yang sesuai pada tabel, maka perlu dilakukannya interpolasi)

Rumus Interpolasi

Perhitungan Gula Reduksi

$$= (2,2632 - 2) \times 2,4 + 4,8$$

$$= 5,4317 \text{ mg}$$

Perhitungan Setelah Inversi

$$= (1,3284 - 1) \times 2,4 + 2,4$$

$$= 3,1882 \text{ mg}$$

$$\% \text{ Glukosa} = \frac{5,4317 \times 10 \times 100}{1,0332 \times 1000}$$

$$= 5,26\%$$

$$\% \text{ Sukrosa} = \frac{3,1882 \times 96 \times 100}{1,0332 \times 1000} = 5,2571\%$$

$$= 24,32\%$$

$$\% \text{ Gula Total} = 24,32\% + 5,26\%$$

$$= 29,58\%$$

Tabel 35. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Gula Total

Formula	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	% Gula Total
1	1,0332	12,10	9,80	2,2632	5,4317	5,2571	29,5771
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0332	12,10	10,75	1,3284	3,1882	24,3200	
2	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	27,9888
	1,0102	12,10	10,15	1,9188	4,6051	4,5586	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0102	12,10	10,85	1,2300	2,9520	23,4301	
3	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	28,8455
	1,0197	12,10	10,00	2,0664	4,9594	4,8635	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0197	12,10	10,80	1,2792	3,0701	23,9819	
4	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	29,8810
	1,0221	12,10	9,95	2,1156	5,0774	4,9677	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0221	12,10	10,75	1,3284	3,1882	24,9134	
5	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	25,5757
	1,0171	12,10	10,30	1,7712	4,2509	4,1794	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0171	12,10	10,95	1,1316	2,7158	21,3963	

6	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	26,8941
	1,0511	12,10	10,20	1,8696	4,4870	4,2689	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0511	12,10	10,85	1,2300	2,9520	22,6252	
7	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	29,8489
	1,0232	12,10	9,95	2,1156	5,0774	4,9623	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0232	12,10	10,75	1,3284	3,1882	24,8866	
8	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	30,1641
	1,0129	12,10	9,85	2,2140	5,3136	5,2459	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0129	12,10	10,75	1,3284	3,1882	24,9182	
9	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	27,1168
	1,0011	12,10	10,20	1,8696	4,4870	4,4821	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0011	12,10	10,90	1,1808	2,8339	22,6347	
10	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	24,7492
	1,0055	12,10	10,35	1,7220	4,1328	4,1102	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0055	12,10	11,00	1,0824	2,5978	20,6390	

11	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	26,9556
	1,0487	12,10	10,20	1,8696	4,4870	4,2787	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0487	12,10	10,85	1,2300	2,9520	22,6769	
12	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	29,0794
	1,0117	12,10	9,95	2,1156	5,0774	5,0187	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0117	12,10	10,80	1,2792	3,0701	24,0607	
13	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	31,3565
	1,0110	12,10	9,60	2,4600	5,9040	5,8398	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0111	12,10	10,70	1,3776	3,3062	25,5167	
14	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	24,7631
	1,0047	12,10	10,40	1,6728	4,0147	3,9959	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0047	12,10	11,00	1,0824	2,5978	20,7671	
15	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	26,8800
	1,0097	12,10	10,25	1,8204	4,3690	4,3270	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0097	12,10	10,90	1,1808	2,8339	22,5530	

16	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	31,4841
	1,0070	12,10	9,60	2,4600	5,9040	5,8630	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0070	12,10	10,70	1,3776	3,3062	25,6211	

Lampiran 17. Dokumentasi Analisis Kadar Protein



Lampiran 18. Perhitungan Analisis Kadar Protein

$$\text{Kadar Protein \%} = \frac{(Vs - Vb) \times (N \text{ Hcl} \times \text{Ar Nitrogen} \times FK \times FP)}{Ws} \times 100\%$$

Contoh perhitungan formula 1 :

Dik :

Normalitas HCl	= 0,0099 N
Berat sampel	= 0,5050 g
Faktor Pengenceran	= 100/5 = 20x
Vol. Titrasi Blanko	= 0,30 mL
Vol. Titrasi Sampel	= 3,40 mL
Ar. Nitrogen	0,014

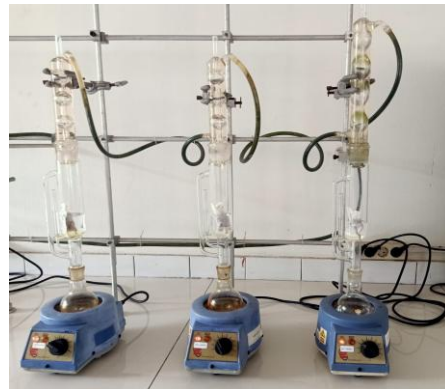
Jawab :

$$\text{Kadar Protein} = \frac{(1,30 - 0,30) \times (0,0099 \times 0,014 \times 6,25 \times 20)}{0,505} \times 100 \%$$

$$= 3,43\%$$

Tabel 36. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Protein

Formula	berat sampel	Vol. sampel	% Protein
F1	0,5050	1,30	3,43
F2	0,5102	1,35	3,57
F3	0,5110	1,40	3,73
F4	0,5215	1,20	2,99
F5	0,5030	1,60	4,48
F6	0,5060	1,65	4,62
F7	0,5245	1,20	2,97
F8	0,5001	1,20	3,12
F9	0,5025	1,50	4,14
F10	0,5021	1,55	4,31
F11	0,5080	1,65	4,60
F12	0,5015	1,45	3,97
F13	0,5007	1,25	3,29
F14	0,5042	1,55	4,30
F15	0,5090	1,65	4,60
F16	0,5032	1,25	3,27

Lampiran 19. Dokumentasi Analisis Kadar Lemak

Lampiran 20. Perhitungan Analisis Lemak

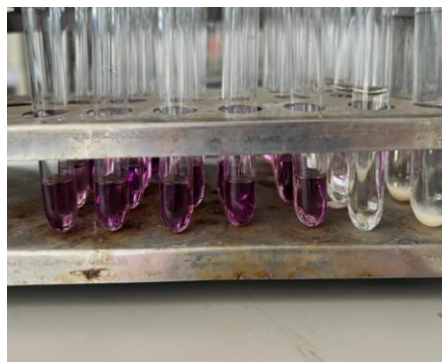
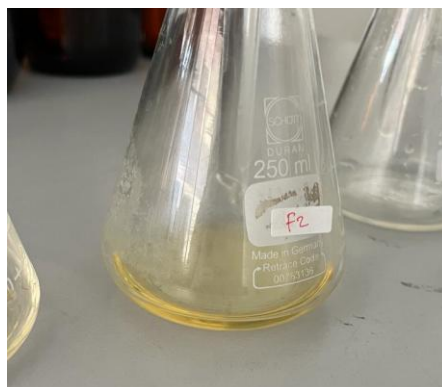
$$\% \text{Kadar lemak} : \frac{W \text{ Labu} + \text{Lemak}) - W \text{ Labu}}{W \text{ Sampel}} \times 100,00\%$$

Contoh Perhitungan Formula 1 :

$$\% \text{Kadar lemak} : \frac{(108,9637 - 108,8181)}{5,4902} \times 100 \% = 2,65 \%$$

Tabel 37. Hasil Analisis Respon Kimia Analisis Kadar Lemak

Formula	Labu (g)	Sampel (g)	Labu+ lemak(g)	% Lemak
F1	108,8181	5,4902	108,9637	2,65
F2	99,2823	5,0522	99,4209	2,74
F3	105,9356	5,0756	106,0767	2,78
F4	99,2718	5,0623	99,4012	2,56
F5	166,7358	5,2236	166,8909	2,97
F6	108,8180	5,4902	108,9855	3,05
F7	99,2791	5,0322	99,4068	2,54
F8	105,9733	5,0728	106,1044	2,58
F9	110,1088	5,0654	110,2522	2,83
F10	99,2789	5,0425	99,4255	2,91
F11	105,9632	5,0724	106,1153	3,00
F12	110,0988	5,0757	110,2409	2,80
F13	111,2733	5,0232	111,4053	2,63
F14	105,9577	5,0716	106,1046	2,90
F15	111,2729	5,0239	111,4241	3,01
F16	105,9569	5,0713	106,0889	2,60

Lampiran 21. Dokumentasi Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})

Lampiran 22. Perhitungan Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{A \text{ Blanko} - A \text{ Sampel}}{A \text{ Blanko}} \times 100\%$$

$$y = a + bx$$

$$y - a = bx$$

$$x = \frac{y - a}{b}$$

$$IC_{50} = \frac{50 - a}{b}$$

Contoh Perhitungan Formula 1

Dik

$$a = 0,1498$$

$$b = 0,0024$$

$$y = 0,5 \text{ (50\%)}$$

Jawab:

$$x = \frac{0,5 - 0,1498}{0,0024} = IC_{50} = 143,42 \text{ ppm}$$

Tabel 38. Hasil Analisis Respon Kimia Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

F	ppm	INHIBISI (%)
F1	0	0,00
	100	0,49
	200	0,76
	300	0,95
	400	0,99
F2	0	0,00
	100	0,51
	200	0,78
	300	0,96
	400	0,99
F3	0	0,00
	100	0,53
	200	0,80
	300	0,95
	400	0,99
F4	0	0,00
	100	0,47
	200	0,72
	300	0,91
	400	0,99
F5	0	0,00
	100	0,67
	200	0,91
	300	0,99
	400	0,99
F6	0	0,00
	100	0,65
	200	0,88
	300	0,98
	400	0,99
F7	0	0,00
	100	0,46
	200	0,72
	300	0,91
	400	0,99
F8	0	0,00
	100	0,48
	200	0,75
	300	0,92
	400	0,99

F	ppm	INHIBISI (%)
F9	0	0,00
	100	0,59
	200	0,84
	300	0,94
	400	0,99
F10	0	0,00
	100	0,62
	200	0,87
	300	0,97
	400	0,99
F11	0	0,00
	100	0,70
	200	0,92
	300	0,99
	400	0,99
F12	0	0,00
	100	0,49
	200	0,77
	300	0,95
	400	0,99
F13	0	0,00
	100	0,44
	200	0,71
	300	0,91
	400	0,98
F14	0	0,00
	100	0,63
	200	0,88
	300	0,98
	400	0,99
F15	0	0,00
	100	0,62
	200	0,86
	300	0,97
	400	0,99
F16	0	0,00
	100	0,47
	200	0,73
	300	0,92
	400	0,99

Tabel 39. Hasil Analisis Respon Kimia Aktivitas Antioksidan (IC₅₀) Lanjutan

F	y	a	b	ppm (IC50)
F1	0,5	0,1498	0,0024	143,42
F2	0,5	0,1627	0,0024	138,84
F3	0,5	0,1746	0,0024	135,58
F4	0,5	0,1342	0,0024	150,88
F5	0,5	0,2523	0,0023	107,62
F6	0,5	0,2373	0,0023	113,59
F7	0,5	0,1283	0,0024	152,72
F8	0,5	0,1427	0,0024	147,71
F9	0,5	0,2056	0,0023	126,01
F10	0,5	0,2226	0,0023	118,66
F11	0,5	0,2668	0,0023	102,64
F12	0,5	0,1534	0,0024	142,29
F13	0,5	0,1222	0,0024	155,59
F14	0,5	0,2307	0,0023	115,38
F15	0,5	0,2206	0,0023	119,41
F16	0,5	0,1367	0,0024	149,37

Lampiran 23. Dokumentasi Analisis *Sludge volume*

Lampiran 24. Perhitungan Analisis *Sludge volume*

$$\text{Sludge volume (\%)} = \text{Volume Endapan} / \text{Volume Awal Sampel (10 ml)} \times 100$$

Contoh Perhitungan (Formulasi 1)

Dik :

V Awal = 10 ml

V Endapan = 0,153 g

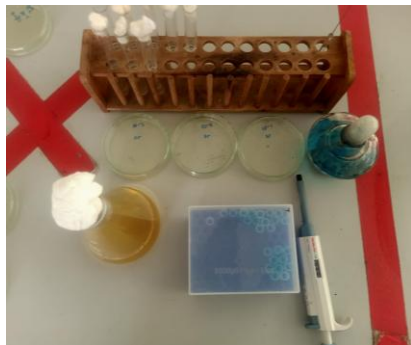
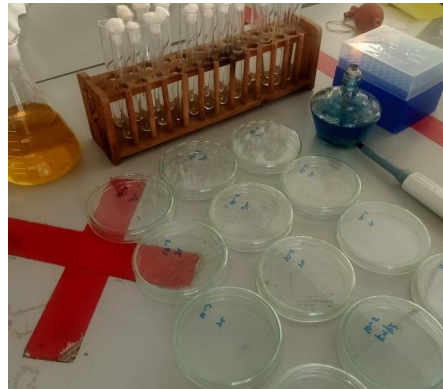
Dit: %*Sludge volume*?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Sludge volume (\%)} &= 0,153 / 10 \text{ ml} \times 100,00\% \\ &= 1,50\% \end{aligned}$$

Tabel 40. Hasil Analisis Respon Fisik *Sludge volume*

Formula	V. Endapan	V. Awal	% <i>Sludge volume</i>
F1	0,153	10	1,50%
F2	0,109	10	1,10%
F3	0,332	10	3,30%
F4	0,445	10	4,50%
F5	0,37	10	3,70%
F6	0,568	10	5,70%
F7	0,458	10	4,60%
F8	0,496	10	5,00%
F9	0,404	10	4,00%
F10	0,276	10	2,80%
F11	0,303	10	3,00%
F12	1,059	10	10,60%
F13	0,293	10	2,90%
F14	0,231	10	2,30%
F15	0,245	10	2,50%
F16	0,238	10	2,40%

Lampiran 25. Dokumentasi Analisis *Total Plate Count*

Lampiran 26. Perhitungan Analisis *Total Plate Count*

Contoh Pengerjaan Formula 1

Dik :

$$10 \times 10^{-1} = 222$$

$$10 \times 10^{-2} = 204$$

$$10 \times 10^{-3} = 158$$

$$10 \times 10^{-4} = 116$$

$$d = 10^{-1} = 0,1$$

Dit: N (Koloni/mL)?

Jawab :

$$\begin{aligned}\Sigma C/SC &= 222 + 204 + 158 + 116 \\ &= 700\end{aligned}$$

$$N = \frac{700}{(1 \times 1) + (0,1 \times 1) + (0,01 \times 1) + (0,001 \times 1) \times 0,1}$$

$$N = \frac{700}{1,111 \times 0,1}$$

$$N = 6301 \sim 6,30 \times 10^3 \text{ koloni/mL}$$

Tabel 41. Hasil Analisis Respon Mikrobiologi *Total Plate Count*

Formula	10×10^{-1}	10×10^{-2}	10×10^{-3}	10×10^{-4}	$\Sigma C/SC$	$(1 \times n1) \times (0,1 \times n2) \times (0,01 \times n3) \times (0,001 \times n4)$	d	N= koloni/mL
F1	222	204	158	116	700	1,111	10^1	$6,30 \times 10^3$
F2	218	192	122	107	639	1,111	10^1	$5,75 \times 10^3$
F3	215	189	119	103	626	1,111	10^1	$5,64 \times 10^3$
F4	233	215	166	123	737	1,111	10^1	$6,64 \times 10^3$
F5	203	178	106	90	577	1,111	10^1	$5,19 \times 10^3$
F6	200	175	101	88	564	1,111	10^1	$5,08 \times 10^3$
F7	236	218	167	125	746	1,111	10^1	$6,72 \times 10^3$
F8	230	212	163	119	724	1,111	10^1	$6,52 \times 10^3$
F9	209	183	112	98	602	1,111	10^1	$5,42 \times 10^3$
F10	205	180	108	93	586	1,111	10^1	$5,28 \times 10^3$
F11	199	172	100	86	557	1,111	10^1	$5,04 \times 10^3$
F12	212	186	117	100	615	1,111	10^1	$5,54 \times 10^3$
F13	226	209	162	119	716	1,111	10^1	$6,45 \times 10^3$
F14	207	181	110	95	593	1,111	10^1	$5,39 \times 10^3$
F15	197	170	98	85	550	1,111	10^1	$4,95 \times 10^3$
F16	227	210	160	117	714	1,111	10^1	$6,43 \times 10^3$

Lampiran 27. Dokumentasi Uji Organoleptik Metode Hedonik

Tabel 42. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Aroma

Panelis	Kode Sampel																															
	274		958		137		621		349		782		916		453		267		834		592		178		705		869		426		341	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,34	3	1,87	3	1,87	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	6	2,55
2	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
4	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34
5	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	1	1,22	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87
6	6	2,55	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34
7	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12
8	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12
9	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87
10	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	1	1,22	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55
11	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12
12	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	6	2,55
13	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34
14	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
15	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	6	2,55
16	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
17	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34
18	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34
19	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,34
20	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55
21	5	2,34	5	2,34	5	2,34	2	1,58	2	1,58	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	2	1,58	4	2,12	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58
22	6	2,55	3	1,87	3	1,87	6	2,55	3	1,87	6	2,55	6	2,55	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	6	2,55	1	1,22	4	2,12	5	2,34	5	2,34
23	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87
24	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12
25	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55
26	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
27	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34
28	6	2,55	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12
29	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	5	2,34	3	1,87
30	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	3	1,87	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	3	1,87
Jumlah	156	71,38	144	68,72	133	66,18	144	68,73	132	65,94	143	68,52	140	67,84	138	67,12	140	67,82	126	64,47	134	66,44	135	66,63	128	64,90	130	65,48	133	66,19	136	66,81
Rata-Rata	5,2	2,38	4,8	2,29	4,4	2,21	4,8	2,29	4,4	2,20	4,7	2,28	4,6	2,26	4,6	2,24	4,6	2,26	4,2	2,15	4,4	2,21	4,5	2,22	4,2	2,16	4,3	2,18	4,4	2,21	4,5	2,23

Tabel 43. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Rasa

Panelis	Kode Sampel																															
	274		958		137		621		349		782		916		453		267		834		592		178		705		869		426		341	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	6	2,55	3	1,87	4	2,12	6	2,55	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	3	1,87	2	1,58	5	2,34	6	2,55
2	5	2,34	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55
3	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
4	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55	6	2,55
5	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	3	1,87
6	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	6	2,55
7	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	5	2,34
8	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	3	1,87	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55
9	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	3	1,87
10	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	1	1,22	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	6	2,55
11	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55
12	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	4	2,12	6	2,55
13	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34
14	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55
15	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55
16	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
17	3	1,87	3	1,87	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34
18	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	1	1,22	2	1,58	5	2,34
19	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	3	1,87	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34
20	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	3	1,87	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34
21	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	1	1,22	1	1,22	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	2	1,58	1	1,22
22	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	3	1,87	2	1,58	2	1,58	5	2,34	3	1,87	3	1,87	6	2,55	6	2,55	6	2,55	3	1,87	5	2,34	6	2,55
23	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	2	1,58	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	4	2,12	4	2,12
24	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	6	2,55
25	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	3	1,87	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55
26	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
27	3	1,87	6	2,55	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	3	1,87	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	6	2,55
28	6	2,55	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	6	2,55
29	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12
30	6	2,55	4	2,12	3	1,87	5	2,34	2	1,58	6	2,55	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	6	2,55	3	1,87	3	1,87	4	2,12	6	2,55	2	1,58
Jumlah	137	66,96	116	62,25	133	66,08	144	68,60	116	61,66	133	65,83	139	67,19	144	68,52	130	65,25	116	62,01	151	70,13	144	68,36	133	66,08	116	61,70	137	67,03	152	70,08
Rata-Rata	4,5	2,23	3,8	2,07	4,4	2,20	4,8	2,29	3,8	2,06	4,4	2,19	4,6	2,24	4,8	2,28	4,3	2,17	3,8	2,07	5,0	2,34	4,8	2,28	4,4	2,20	3,8	2,06	4,5	2,23	5,0	2,34

Tabel 44. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Warna

Panelis	Kode Sampel																															
	274		958		137		621		349		782		916		453		267		834		592		178		705		869		426		341	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,34	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	6	2,55	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55	6	2,55
2	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12
4	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	6	2,55
5	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	2	1,58	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
6	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	2	1,58	5	2,34	6	2,55
7	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34
8	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	1	1,22	2	1,58	3	1,87	5	2,34	3	1,87	2	1,58	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34
9	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	2	1,58	3	1,87	4	2,12	2	1,58	3	1,87
10	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	1	1,22	6	2,55	6	2,55
11	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34
12	6	2,55	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55
13	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12
14	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55
15	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55
16	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55
17	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	5	2,34
18	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34
19	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,34
20	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
21	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58
22	6	2,55	6	2,55	2	1,58	6	2,55	3	1,87	5	2,34	5	2,34	3	1,87	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55
23	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87
24	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34
25	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	4	2,12
26	5	2,34	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34
27	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55
28	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12
29	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34
30	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55
Jumlah	145	69,04	129	65,33	118	62,69	135	66,75	115	61,83	142	68,10	125	64,34	137	67,16	133	66,22	126	64,55	138	67,29	133	66,11	130	65,35	134	66,16	142	68,17	151	70,14
Rata-Rata	4,8	2,30	4,3	2,18	3,9	2,09	4,5	2,22	3,8	2,06	4,7	2,27	4,1	2,14	4,5	2,24	4,4	2,21	4,2	2,15	4,6	2,24	4,4	2,20	4,3	2,18	4,4	2,21	4,7	2,27	5,0	2,34

Tabel 45. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut Tekstur

Panelis	Kode Sampel																															
	274		958		137		621		349		782		916		453		267		834		592		178		705		869		426		341	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34
2	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
3	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12
4	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55
5	5	2,34	5	2,34	2	1,58	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
6	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	3	1,87	5	2,34	6	2,55
7	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34
8	1	1,22	1	1,22	2	1,58	1	1,22	1	1,22	2	1,58	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	4	2,12
9	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	2	1,58	1	1,22	3	1,87	3	1,87	2	1,58	2	1,58	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12
10	6	2,55	5	2,34	1	1,22	5	2,34	1	1,22	6	2,55	6	2,55	1	1,22	6	2,55	1	1,22	6	2,55	6	2,55	6	2,55	3	1,87	1	1,22	5	2,34
11	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55
12	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12
13	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
14	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55
15	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55
16	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
17	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
18	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	2	1,58	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34
19	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	5	2,34
20	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	3	1,87	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55
21	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
22	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	3	1,87	5	2,34	3	1,87	2	1,58	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55
23	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34
24	4	2,12	5	2,34	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55
25	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
26	5	2,34	5	2,34	3	1,87	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34
27	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55
28	4	2,12	5	2,34	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12
29	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12
30	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	3	1,87	4	2,12	2	1,58	3	1,87	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58
Jumlah	144	68,57	142	68,15	123	63,58	129	65,14	120	62,62	139	67,50	123	63,71	125	64,29	136	66,85	120	62,91	142	68,19	147	69,39	140	67,89	132	66,03	139	67,40	151	70,21
Rata-Rata	4,7	2,29	4,7	2,27	4,1	2,12	4,3	2,17	4,1	2,09	4,6	2,25	4,1	2,12	4,1	2,14	4,5	2,23	4	2,10	4,6	2,27	4,9	2,31	4,6	2,26	4,4	2,20	4,7	2,25	5,0	2,34

Tabel 46. Hasil Respon Organoleptik Metode Hedonik Atribut *Aftertaste*

Panelis	Kode Sampel																															
	274		958		137		621		349		782		916		453		267		834		592		178		705		869		426		341	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	6	2,55	3	1,87	4	2,12	5	2,34	3	1,87	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,34	4	2,12	2	1,58	5	2,34	6	2,55
2	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12
4	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	4	2,12	4	2,12	6	2,55	6	2,55
5	3	1,87	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	1	1,22
6	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	2	1,58	3	1,87	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12
7	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12
8	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	6	2,55	3	1,87	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	6	2,55	6	2,55
9	5	2,34	5	2,34	3	1,87	3	1,87	2	1,58	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	1	1,22	2	1,58	5	2,34	5	2,34	4	2,12	2	1,58	2	1,58
10	6	2,55	5	2,34	1	1,22	1	1,22	1	1,22	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	3	1,87	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34
11	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12
12	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	5	2,34	6	2,55
13	5	2,34	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34
14	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55
15	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	4	2,12	6	2,55
16	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
17	4	2,12	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12
18	2	1,58	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12
19	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,34
20	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	3	1,87	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55
21	1	1,22	2	1,58	3	1,87	1	1,22	1	1,22	1	1,22	2	1,58	2	1,58	3	1,87	3	1,87	2	1,58	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	2	1,58
22	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
23	2	1,58	2	1,58	3	1,87	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	2	1,58	2	1,58	1	1,22	2	1,58	1	1,22	4	2,12	4	2,12
24	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55
25	6	2,55	4	2,12	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	6	2,55	6	2,55
26	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
27	3	1,87	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	4	2,12	5	2,34	6	2,55	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
28	5	2,34	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,34	4	2,12	6	2,55
29	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12
30	6	2,55	3	1,87	3	1,87	4	2,12	2	1,58	6	2,55	5	2,34	2	1,58	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,34	2	1,58
Jumlah	139	67,14	127	64,64	126	64,44	138	66,88	122	63	133	65,87	140	67,49	135	66,47	134	66,08	119	62,71	134	66,26	142	67,89	131	65,52	121	63,15	139	67,27	142	67,77
Rata-Rata	4,6	2,24	4,2	2,15	4,2	2,15	4,6	2,23	4,0	2,10	4,4	2,20	4,6	2,25	4,5	2,22	4,4	2,20	3,9	2,09	4,4	2,21	4,7	2,26	4,3	2,18	4,0	2,10	4,6	2,24	4,7	2,26

Lampiran 28. Verifikasi Formula Optimal

- Hasil Verifikasi Analisis Kadar Gula Total

Tabel 47. Hasil Analisis Kadar Gula Total

OPTIMAL	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Glukosa	Gula Total
	1,0220	12,10	9,95	2,1166	5,0798	4,9705	
	ws	vol. blanko	vol.sp	ml Tio 0,1N	g. invert	% Sukrosa	
	1,0220	12,10	10,75	1,3284	3,1882	24,9136	

- Hasil Verifikasi Analisis Kadar Protein

Tabel 48. Hasil Analisis Kadar Protein

OPTIMAL	Berat Sampel	Vol. sampel	% Protein
	0,509	1,3	34,04

- Hasil Verifikasi Analisis Kadar Lemak

Tabel 49. Hasil Analisis Kadar Lemak

OPTIMAL	Labu (g)	Sampel (g)	Labu+ lemak(g)	% Lemak
	1.088.181	54.992	1.089.637	26,48

- Hasil Verifikasi Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})

Tabel 50. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50})

PPM	ABSORBAN SAMPEL	%INHIBISI
0	0,857	0
100	0,761	0,049
200	0,615	0,231
300	0,529	0,339
400	0,465	0,419

Tabel 51. Hasil Analisis Aktivitas Antioksidan (IC_{50}) Lanjutan

y	a	b	ppm
50	0,0607	0,0013	96,6923

- Hasil Analisis *Sludge volume*

Tabel 52. Hasil Analisis *Sludge volume*

OPTIMAL	V. Endapan	V. Awal	%
	0,554	10	5,50%

- Hasil Analisis *Total Plate Count*

Tabel 53. Hasil Verifikasi Analisis *Total Plate Count*

OPTIMAL	10×10^{-1}	10×10^{-2}	10×10^{-3}	10×10^{-4}	$\Sigma C/SC$	$(1 \times n1) \times (0,1 \times n2) \times (0,01 \times n3) \times (0,001 \times n4)$	d	N= koloni/mL
	214	203	121	114	652	1,111	10^1	$5,87 \times 10^3$

- Hasil Organoleptik Metode Hedonik

Tabel 54. Hasil Verifikasi Organoleptik Metode Hedonik

PANELIS	OPTIMAL									
	Aroma		Rasa		Warna		Tekstur		Aftertaste	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,34	5	2,34	6	2,55	4	2,12	5	2,34
2	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	4	2,12
3	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
4	5	2,34	6	2,55	4	2,12	6	2,55	5	2,34
5	4	2,12	5	2,34	4	2,12	4	2,12	4	2,12
6	5	2,34	4	2,12	6	2,55	4	2,12	4	2,12
7	4	2,12	3	1,87	5	2,34	3	1,87	3	1,87
8	4	2,12	5	2,34	2	1,58	5	2,34	4	2,12
9	4	2,12	5	2,34	3	1,87	4	2,12	3	1,87
10	5	2,34	3	1,87	5	2,34	6	2,55	4	2,12
11	5	2,34	6	2,55	3	1,87	5	2,34	4	2,12
12	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55
13	5	2,34	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34
14	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
15	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	6	2,55
16	5	2,34	4	2,12	6	2,55	5	2,34	5	2,34
17	5	2,34	5	2,34	6	2,55	5	2,34	6	2,55
18	6	2,55	2	1,58	5	2,34	4	2,12	5	2,34
19	5	2,34	4	2,12	5	2,34	5	2,34	4	2,12
20	6	2,55	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55
21	4	2,12	2	1,58	2	1,58	5	2,34	2	1,58
22	6	2,55	5	2,34	5	2,34	6	2,55	6	2,55
23	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58
24	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	6	2,55
25	4	2,12	5	2,34	5	2,34	5	2,34	6	2,55
26	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34	5	2,34
27	5	2,34	4	2,12	5	2,34	4	2,12	5	2,34
28	6	2,55	5	2,34	4	2,12	4	2,12	5	2,34
29	5	2,34	5	2,34	4	2,12	3	1,87	4	2,12
30	6	2,55	6	2,55	6	2,55	4	2,12	3	1,87
Jumlah	147	69,47	135	66,6	141	67,89	140	67,89	136	66,76
Rata-Rata	4,9	2,31567	4,5	2,22	4,7	2,263	4,66667	2,263	4,53333	2,22533